

UNICAMPS.

CIÊNCIAS EXATAS



1º PERIÓDICO DA UNICAMPS CIÊNCIA

UNICAMPS. CIÊNCIAS EXATAS. V.1 Nº 1 AGO. /DEZ.2023

ACESSIBILIDADE NO TERMINAL RODOVIÁRIO DA CIDADE DE GOIÂNIA-GO

ACESSIBILIDADE NO TERMINAL RODOVIÁRIO DA CIDADE DE GOIÂNIA-GO

SOUSA¹, Alisson Braga de; SOUZA², Bruna Barreto de; COSTA³, Jaciara de Sousa; SILVA⁴, Jerry Cardoso da; RABELO⁵, Rayque Henrique da Silva; TENÓRIO⁶, Helen Oliveira.

RESUMO

O transporte rodoviário é um meio de deslocamento mais utilizado no Brasil, sendo sua estrutura formada pelas vias, além dos locais destinados ao embarque e desembarque de passageiros. Os terminais rodoviários são revestidos de complexidade, dado o contexto de circulação dos indivíduos, o que faz com que esses locais sejam normatizados, de modo que atendam às especificidades da acessibilidade. Um local acessível é aquele capaz de garantir que as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida possam circular com segurança e diante disso, é que esta pesquisa tem como temática a acessibilidade no Terminal Rodoviário da Cidade de Goiânia-GO. Seu propósito central se encontra em verificar se o referido terminal se encontra em conformidade ou não com as NBRs 15320/2005, 9050/2004 e 9050/2015, as quais visam garantir a acessibilidade nas edificações voltadas para organizar o transporte de passageiros. Para que o estudo fosse materializado, utilizou-se a pesquisa bibliográfica qualitativa, acrescida de um estudo realizado no terminal de Goiânia, para que fosse possível mapear os riscos individuais e aplicar um checklist de conformidade e não conformidade. Como resultado preliminar, observou-se que o terminal não garante a acessibilidade em todos os seus espaços de circulação, assim como não possui equipamentos de segurança como a cadeira de transbordo para que os usuários com deficiência ou mobilidade reduzida possam circular com maior segurança.

Palavras-chave: Acessibilidade. Transporte. Segurança. Riscos. Check list.

ABSTRACT

Road transport is the most used means of transportation in Brazil, and its structure is formed by the roads, in addition to the places for the embarkation and disembarkation of passengers. Bus terminals are coated with complexity, given the context of circulation of individuals, which makes these places to be standardized, so that they meet the specifics of accessibility. An accessible place is one capable of ensuring that people with disabilities or reduced mobility can move safely and, in view of that, this research has as its theme the accessibility at the Bus Terminal of the City of Goiânia-GO. Its central purpose is to verify whether or not the referred terminal complies with NBRs 15320/2005, 9050/2004 and 9050/2015, which aim to ensure accessibility in buildings designed to organize passenger transport. In order for the study to be materialized, qualitative bibliographic research was used, plus a study carried out at the Goiânia terminal, so that it was possible to map individual risks and apply a compliance and non-compliance checklist. As a preliminary result, it was observed that the terminal does not guarantee accessibility in all its circulation spaces, as well as it does not have safety equipment such as the transfer chair so that users with disabilities or reduced mobility can circulate more safely.

Keywords: Accessibility. Transport. Safety. Scratches. Check list.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

² Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

³ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

⁴ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

⁵ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

⁶ Orientadora. Mestre em Engenharia Civil (UFG), graduada em Engenharia Civil (UFG), Docente do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FACUNICAMPS.

1. INTRODUÇÃO

Devido ao seu dinamismo, o transporte rodoviário de passageiros é descrito como sendo um dos mais flexíveis, principalmente ao ser comparado com outros modos de locomoção. Isso advém pelo fato de permitir que locais mais distantes sejam acessados, tendo as vias terminais e os pontos de embarque e desembarque seus principais meios. Por sua vez, os terminais rodoviários são aqueles capazes de apresentar infraestrutura com maior complexidade, necessitando atender, não apenas às emergências de transporte, assim como de usuários (MARTINS, 2017).

A acessibilidade se tornou uma temática de grande importância, sobretudo ao se considerar que os centros urbanos se tornaram cada vez mais populosos, sem, no entanto, oferecer as condições adequadas para que toda a população circule com segurança, incluindo as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida.

O Brasil dispõe de legislações que objetivam garantir a acessibilidade, bem como a mobilidade, embora seja possível observar que elas não são suficientes quando se trata das edificações, como ocorre com os terminais rodoviários. O que se observou com a pesquisa é que a acessibilidade tende a ser garantida em partes, pois contemplá-la de forma completa demanda tempo e gastos que nem sempre são assumidos pelos gestores dos terminais.

Em algumas localidades do Brasil, os sistemas de transporte público se estruturam com a disposição de ônibus, metrô e trens. Seu funcionamento depende de algumas edificações, tais como as estações, terminais e vias, além dos corredores e outros. Ademais, compreende-se que mesmo com toda a organização e algumas implementações, nem sempre os sistemas de transporte conseguem atender às demandas da população, principalmente ao se considerar os aspectos principais da acessibilidade. Não obstante, ressalta-se que muitos municípios não possuem planos de ação referentes à mobilidade urbana e acessibilidade, o que afeta o compromisso com a inclusão (OLIVEIRA; MACHADO, 2020).

Segundo um levantamento realizado em 2021 pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), pelo menos 17,3 milhões de brasileiros possuem algum tipo de deficiência, o que se encontra relacionado à cerca de 8% da população do Brasil. Segundo a referida pesquisa, 3,8% dos brasileiros possuem alguma deficiência física, enquanto 3,4% apresentam deficiência auditiva, 1,1% deficiência visual e 1,2% intelectual. Além disso, a população idosa no país apresenta considerável crescimento, o que significa a necessidade de implantar políticas públicas que assegurem a mobilidade (BRASIL, 2021).

Diante da realidade que se impõe em relação ao transporte rodoviário, considerando, principalmente, a acessibilidade nas edificações que compõem o sistema e sobretudo os terminais rodoviários, é que o presente estudo tem como problema de pesquisa a seguinte questão: como a acessibilidade é (ou não) contemplada nos terminais rodoviários da cidade de Goiânia-GO? A hipótese inicial é a de que nos terminais, as leis e normas que regem a acessibilidade não são contempladas ou são parcialmente contempladas.

Assim, o objetivo central do estudo sobre os terminais rodoviários é observar as normas e conceitos de acessibilidade aplicados à edificação de terminais rodoviários. Aplicar checklist elaborado conforme a NBRs 15320/2005, 9050/2004 e 9050/2015, para avaliar a acessibilidade nos Terminais Rodoviários da cidade de Goiânia-GO; Elaborar relatório fotográfico com as evidências apontadas pelo checklist e mapa de riscos as fragilidades em relação à acessibilidade nos Terminais Rodoviários de Goiânia-GO; Apontar no croqui da planta de situação do terminal os detalhes a serem corrigidos e produzir os desenhos desses detalhes dos terminais

2. NORMAS E CONCEITOS DE ACESSIBILIDADE APLICADOS À EDIFICAÇÃO DE TERMINAIS RODOVIÁRIOS

A acessibilidade dos sistemas destinados ao transporte público se encontra disposta nos artigos 227 e 244 da Constituição Federal de 1988, os quais estabelecem os requisitos a serem observados, tanto na fabricação, quanto adaptação dos veículos utilizados no transporte das pessoas com deficiência. No entanto, ressalta-se que somente em 2000 é que as leis de fato passaram a regulamentar os referidos artigos. A Lei 10.048, de 08 de novembro de 2000 foi responsável por estabelecer o prazo de 180 dias de sua publicação para que toda o contingente de ônibus do Brasil que estivesse em circulação fosse adaptado embora não tenha estabelecido nenhum parâmetro para essas mudanças. Por sua vez, a Lei 10.098 também de 2000 veio para corrigir os problemas de interpretação, dispondo que os padrões de acessibilidade cumprissem com algumas normas mais específicas (BRASIL, 2000a; BRASIL, 2000b).

O mobiliário urbano, bem como as edificações públicas são regulamentados pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mais precisamente na NBR 9.050, a qual se refere à acessibilidade nas edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. O Decreto Presidencial 5.296, de 2 de dezembro de 2004 teve como objetivo estabelecer alguns pontos, a saber: a responsabilidade das instituições e entidades que fazem parte do Sistema Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial (SINMETRO) cujo foco se

encontra na elaboração das normas técnicas voltadas para a acessibilidade veicular; prazo de um ano para que as normas técnicas relacionadas às fábricas e veículos fosse regulamentadas e aplicadas; prazo de dois anos para que as montadoras desenvolvessem projetos relacionados aos equipamentos e veículo acessíveis e/ou adaptáveis; prazo de 24 meses para que a frota pudesse ser adaptada; dez anos para que os sistemas fossem tornados amplamente acessíveis (finalizado em 2014); responsabilização do poder público em relação às mudanças devidas na infraestrutura urbana; obrigação do Poder Executivo na realização de estudos voltados para a desoneração de tributos referentes à aquisição e melhoria dos veículos (BRASIL, 2004).

Quanto à acessibilidade, o transporte rodoviário de longa distância é regulamentado pela NBR 15.320, responsável pelo estabelecimento de opções para melhorias nesse quesito, incluindo a cadeira de transbordo, sendo ela a mais utilizada, embora as críticas recaiam no fato de atender somente aos cadeirantes, não solucionando os problemas impostos pelas inúmeras barreiras encontradas, principalmente nos terminais de embarque e desembarque de passageiros intermunicipais e interestaduais (CARVALHO, 2015).

No Decreto 5.296/2004 encontra-se o conceito de acessibilidade, dispondo que ela pode ser definida enquanto condição de uso, com segurança e autonomia, total ou assistida, pelos cidadãos com deficiência e/ou mobilidade reduzida dos locais, aparelhos, meios de comunicação e sistemas de transportes. Isso se encontra em consonância com os avanços trazidos pela Constituição de 1988 e como forma de expandir o conceito de quais seriam os grupos a se beneficiarem com a disposição das normativas sobre a mobilidade, urbanismo e comunicação voltados para a acessibilidade (CARVALHO, 2017).

Ainda que a acessibilidade no transporte não consiga atingir sua amplitude no que se relaciona às condições e acesso aos serviços, os quais envolvem o contexto físico, socioeconômico e temporal, as legislações são restritas aos aspectos físicos. Isso significa que os obstáculos são retirados, mas não existem projetos que tornem os espaços realmente viáveis e acessíveis (MARCELINO, 2016).

Outro aspecto abordado nas legislações diz respeito ao desenho universal, o qual possui como objetivo estabelecer os princípios da implementação de produtos e serviços voltados para o atendimento de todos os indivíduos, levando-se em consideração os diferentes aspectos antropométricos e sensoriais da população, ainda sejam necessárias as medidas técnicas voltadas para pessoas com deficiência (CARVALHO, 2015).

Evidencia-se que no Brasil, o sistema de transporte somente poderá ser considerado acessível se atender ao projeto e planejamento instituídos de forma que todos possam utilizá-lo sem perder de vista o desenho universal. Nesse sentido, entende-se que os sistemas precisam

integrar projetos que sejam realmente inclusivos, significando que atendam com qualidade a todos os segmentos (CAMISÃO, 2018).

Independente de suas limitações, todas as pessoas têm direito de acesso ao sistema de transporte, bem como aos equipamentos urbanos. Para tanto, os sistemas e os equipamentos precisam estar preparados para essa finalidade, ou seja, atender, tanto os usuários com deficiência ou dificuldade de locomoção, quanto os que não apresentam nenhuma dessas particularidades. O conceito de acessibilidade também se aplica à autonomia total ou assistida na utilização dos meios de transporte. Isso significa que os sujeitos com deficiência ou mobilidade reduzida, deverão contar com o auxílio de operadores do transporte em algumas situações (CARVALHO, 2015; CARVALHO, 2017).

Dentre os aspectos que mais atrapalham a mobilidade das pessoas com deficiência se encontram as barreiras. Essas são descritas como “qualquer elemento natural, instalado ou edificado, que impeça a aproximação, transferência ou circulação no espaço, mobiliário ou equipamento urbano.” (HERMONT; RIBEIRO, 2006).

As barreiras podem ser divididas em arquitetônicas, urbanísticas ou de transporte. As arquitetônicas são as que se inserem no interior das edificações, sejam elas públicas ou privadas. Como exemplo de barreiras podem ser citadas a ausência de rampas de acesso, portas ou corredores adaptados ou mesmo sinalização adequada. Por sua vez, as barreiras urbanísticas são as perceptíveis no sistema viário, bem como no mobiliário urbano, tendo como exemplo as calçadas sem o devido rebaixamento e a falta de vagas de estacionamento voltadas às pessoas com deficiência. Já as barreiras de transporte são determinadas pelos problemas detectados nas mais variadas formas de transporte, coletivos ou individuais, observados, por exemplo, na falta de assentos reservados (COHEN; DUARTE, 2006; HERMONT; RIBEIRO, 2006).

Cohen (2019) evidencia que as pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida enfrenta algumas complexidades, principalmente no que se refere aos espaços inadequados, o que faz com que sua experiência individual com o meio seja prejudicada. Além disso, a forma como o espaço urbano é estruturado demonstra que ele não é pensado de forma inclusiva e por isso, suas barreiras físicas se tornam praticamente intransponíveis. Não são as deficiências que limitam a mobilidade e autonomia dos sujeitos, mas as barreiras físicas que se tornam obstáculos (COHEN, 2019).

De acordo com Neves (2014), o transporte rodoviário tem um peso econômico e social muito significativo, pois é considerado essencial para que as pessoas possam se deslocar entre municípios. Como a malha rodoviária brasileira é muito extensa, ligando praticamente todas as

regiões aos grandes centros urbanos, além de apresentar tarifas mais acessíveis, o transporte rodoviário movimenta e aquece a economia.

Por sua vez, os terminais são os elementos que correspondem à estruturação física do transporte rodoviário e para servir o usuário da forma correta, precisa atender a alguns fatores, suas variáveis, parâmetros e outros aspectos que possam significar alguma interferência no conforto e bem-estar de quem utiliza esse tipo de deslocamento. Nesse sentido, destaca-se que os terminais de passageiros são essenciais à organização dos sistemas de transporte público (AMARAL et al., 2012).

O terminal de passageiros do transporte rodoviário pode ser descrito enquanto estrutura física edificada de forma a atender as operações do sistema, cujo objetivo central é possibilitar o embarque e desembarque de passageiros e isso deve ocorrer segura e eficientemente. Os terminais agregam a função de apoiar o sistema de transporte, sendo uma edificação na qual os passageiros irão circular até que se proceda o embarque, assim como depois do desembarque, o que implica a necessidade de oferecer segurança nesse processo (SANTOS, 2015).

Ao serem construídos, os terminais precisam antever o quantitativo de pessoas, assim como o tipo de veículos que irão transitar nesse espaço. Destaca-se que a facilidade e segurança na locomoção é um dos fatores a serem considerados, principalmente em relação à acessibilidade. Além disso, os terminais rodoviários precisam ser sustentáveis, minimizando os impactos ambientais que possam decorrer da edificação e do mesmo modo, oferecer condições para garantir o bem-estar às pessoas que circulam nesses espaços (AMARAL et al., 2012).

Os conceitos de acessibilidade precisam ser também aplicados aos terminais e isso significa dimensionar um projeto na qual suas particularidades funcionais, os parâmetros legais e a estruturação das redes acessíveis sejam evidenciadas (APUIM, 2015).

A acessibilidade é descrita como um dos problemas que mais limitam o direito de ir e vir da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. Nesse sentido, observa-se que as edificações destinadas a servir como terminais rodoviários, nem sempre se encontram em consonância com a legislação. Destaca-se que os terminais precisam ser acessíveis, o que significa ofertar atendimento preferencial quando for necessário, dispor de estrutura capaz de permitir que os passageiros possam se deslocar com segurança, o que significa oferecer rampas, elevadores, instalações bem sinalizadas e acessíveis, além de outros dispositivos e serviços de auxílio no embarque e desembarque.

A NBR 9050-2015, dispõe que a acessibilidade resulta na possibilidade, assim como as situações de alcance, percepção e entendimento com o objetivo de utilizar de forma segura e com autonomia, os espaços, mobiliários, equipamentos urbanos, edificações, transportes,

informação e comunicação. Tais premissas estão direcionadas aos serviços, edificações públicas, tanto de uso individual, quanto coletivo por pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida (BRASIL, 2015). Por sua vez, a NBR 15320-2005 dispõe sobre a acessibilidade nos terminais rodoviários, observando, desde o embarque e desembarque até o acesso às bilheterias e outros espaços (BRASIL, 2005).

3. MATERIAIS E MÉTODOS

Para a realização do estudo foi selecionado o Terminal Rodoviário de Goiânia, situado à Avenida 44, 399, Setor Central, Goiânia-GO. Segundo os dados da Prefeitura de Goiânia, o terminal foi construído em 1986 com o objetivo de substituir o antigo terminal que funcionava próximo ao Lago das Rosas e que deixou de comportar o grande fluxo de passageiros em viagens intermunicipais e interestaduais. Além dos locais de vendas de passagens, nas dependências do terminal também funciona o Araguaia Shopping, oferecendo opções de lazer para viajantes e moradores da cidade. A figura 1 corresponde à vista aérea do Terminal Rodoviário de Goiânia.

Figura 1- Vista do Terminal Rodoviário de Goiânia



Fonte: Google Maps

No intuito de verificar se o terminal atende aos dispositivos de acessibilidade contidos na NBR 15320/2005, NBR 9050/2004 e alguns itens da NBR 9050/2015, realizou-se um checklist, verificando em todo o terminal, incluindo o espaço destinado ao lazer, se esse se encontra em consonância com a legislação vigente. Destaca-se que o checklist utilizou a legenda C – conforme, NC – não conforme e NA – não se aplica.

Após a realização do checklist, foram inseridas fotos comprobatórias dos itens analisados, as quais comporão a análise e discussão dos resultados da pesquisa. Ressalta-se que, por meio da planta de situação do terminal, construiu-se o croqui com as não conformidades segundo as normas.

Para o mapeamento dos riscos individuais foi feito um relato por escrito, considerando os itens dispostos nas normas, além de ser elaborado um croqui da rodoviária, construído no AUTOCAD. No croqui, de todos os itens que se relacionados como não conformes, foram selecionados 4, sendo eles a cadeira de transbordo, plataforma elevatória, prestação de serviços e sinalização de emergência. Ressalta-se que os itens foram escolhidos por representarem pontos importantes quando se trata de acesso às plataformas de embarque e desembarque e aos veículos de transporte, além da segurança dos indivíduos com deficiência ou mobilidade reduzida. Foi utilizada a cor laranja para representar a plataforma oeste e a cor azul para a plataforma leste. O estacionamento norte e a área de circulação, foram representados pela cor verde e o estacionamento sul e área de circulação, foram indicados pela cor roxa (ANEXO 1).

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Destaca-se que o Terminal Rodoviário de Goiânia tem o espaço destinado ao lazer, composto pelo Araguaia Shopping, o qual funciona no mesmo local. Desse modo, no checklist foram avaliadas as instalações internas, cuja finalidade é agregar estabelecimentos comerciais, área de alimentação, sanitários e bilheterias. Para fins de análise, o checklist agregou a análise mediante a NBR 15320/2005, NBR 9050/2004 e NBR 9050/2015.

Tabela 01 – Checklist dos parâmetros de acessibilidade Terminal Rodoviário de Goiânia-GO (TRG).

	Item de acordo com a NBR 15320/2005 e NBR 9050 /2015	TRG
1	Bilheteria	C
2	Equipamentos de embarque e desembarque	C
3	Plataforma elevatória	NC
4	Cadeira de transbordo	NC
5	Prestação de serviços	NC
6	Comunicação e sinalização	NC
7	Local de embarque e desembarque	NC
8	Banheiros acessíveis	C
9	Rampas	C
10	Sinalização tátil no piso	C
11	Corrimãos	C

12	Sinalização de emergência	NC
13	Vagas especiais para veículos de PCD	NC
14	Sinalização de escada rolante	NC
15	Sinalização de degraus	C
16	Elevadores acessíveis	C
17	Corredores	NC
18	Planos e mapas táteis	C

Fonte: os pesquisadores, 2022.

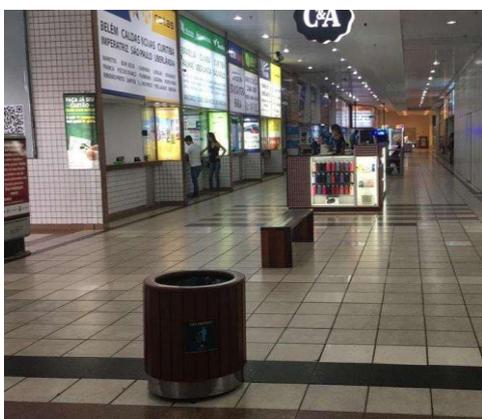
Destaca-se que na tabela 1 constaram os pontos que podem oferecer maior insegurança quanto à mobilidade e acessibilidade dos usuários com deficiência. No croqui foram relacionados os quatro pontos considerados mais frágeis no que se refere ao embarque e desembarque de passageiros com deficiência ou mobilidade reduzida.

4.1 Análise dos itens de acordo com a NBR 15320/2005, NBR 9050/2004 e NBR 9050/2015

4.1.1. Bilheteria

Segundo a NBR – 15320/2005, as bilheterias, situadas ou não nos terminais rodoviários, precisam apresentar pelo menos um balcão de atendimento, ainda que seja automático, de modo que obedeça ao disposto no artigo 9.5.5 da NBR 9050/2004, o qual reforça que as bilheterias, bem como os atendimentos rápidos devem ser acessíveis às pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, sendo localizados nas denominadas rotas acessíveis. Destaca-se que os guichês precisam ter altura máxima 1,05 m do piso. Quanto ao Terminal Rodoviário de Goiânia, observa-se que essa norma se encontra em conformidade, como é possível observar na figura 2.

Figura 2. Bilheterias do Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.2 Equipamentos de embarque e desembarque

A NBR 15320/2005 dispõe que a área de embarque e desembarque devem constar de componentes capazes de garantir a segurança e a acessibilidade de pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida. Em relação ao Terminal Rodoviário de Goiânia, observou-se que há passagem de nível da plataforma de embarque e desembarque do veículo, estando esse em um nível mais baixo em relação ao acesso dos passageiros à porta de entrada desse. Esse aspecto pode ser comprovado na figura 3.

Figura 3. Equipamentos de embarque e desembarque do Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.3 Plataforma elevatória

A NBR 15320/2005 reforça que a plataforma elevatória é um equipamento cujo deslocamento no nível vertical deve atender aos seguintes requisitos: ter dimensão mínima de 0,90 m x 1,30 m; apresentas barras de proteção que possam ser acionadas manualmente por quem as utilizar; desníveis e vão que compreendam a medida de 2cm e 3cm e por fim, alarme sonoro e luminoso, cujo objetivo é indicar que a plataforma está em movimento. No embarque e desembarque do Terminal Rodoviário de Goiânia não foi identificada a presença de nenhuma plataforma móvel indicando que esse item é atendido. As figuras 4 demonstra como deve ser a plataforma elevatória e as figuras 5 e 6 retratam a referida área sem o dispositivo requerido.

Figura 4. Exemplo de plataforma elevatória



Fonte: Ortobrás, 2022.

Figuras 5 e 6. Ausência de plataforma elevatória no embarque e desembarque de passageiros do Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.4 Cadeira de transbordo

Conforme a NBR 15320/2005, a cadeira de transbordo é um item que garante a acessibilidade a partir da possibilidade de deslocamento da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida até seu assento. Destaca-se que, conforme a norma, a cadeira de transbordo pode ser utilizada em consonância a outro equipamento de embarque e desembarque. A norma prevê também que todo terminal deve dispor da cadeira de transbordo, a qual foi desenvolvida para o uso interno e que deve ser armazenada em local cujo acesso seja facilitado, sendo operada pelos profissionais do transporte que tenham recebido o devido treinamento. Observou-se que

no Terminal Rodoviário de Goiânia a cadeira de transbordo não faz parte dos equipamentos de acessibilidade, como é possível verificar na figura 7. Já a figura 8 apresenta um modelo de cadeira de transbordo.

Figura 7. Ausência da cadeira de transbordo no embarque e desembarque de passageiros



Fonte: os pesquisadores, 2022.

Figura 8. Cadeira de transbordo



Fonte: OrtoBrás, 2022.

4.1.5 Prestação de serviços

De acordo com a NBR 15320/2005, os terminais rodoviários devem oferecer profissionais treinados para o atendimento às pessoas com deficiência e mobilidade reduzida para que possam utilizar os serviços oferecidos, tendo atenção especial aos diferentes tipos de deficiências. Em relação ao Terminal Rodoviário de Goiânia, observou-se que no momento do

embarque e desembarque de passageiros não há nenhum profissional disponível para auxiliar a pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida, conforme demonstrado na figura 9.

Figura 9. Não conformidade em relação aos serviços prestados à pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida.

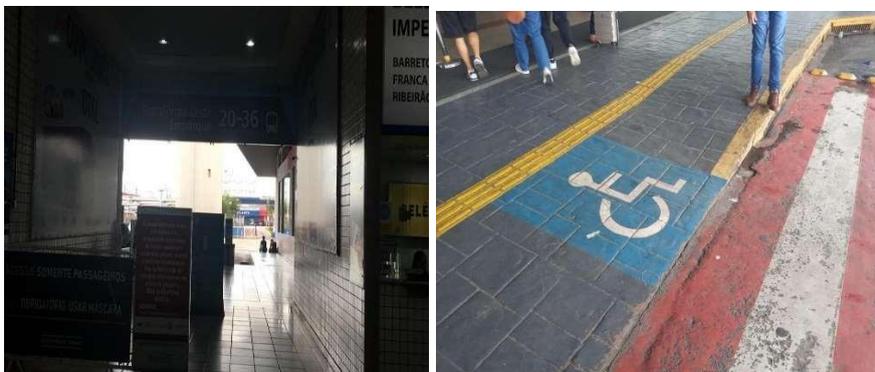


Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.6 Comunicação e sinalização

Tanto a NBR 15320/2005, quanto a 9050/2004 trazem dispositivos sobre a comunicação e sinalização, descrevendo que nas plataformas dos terminais, assim como nos locais de paradas acessíveis o símbolo internacional de acesso e outras informações necessárias ao embarque e desembarque da pessoa com deficiência ou mobilidade reduzida. Quanto ao item sinalização, o Terminal Rodoviário atende ao que é disposto na norma, no entanto, observou-se que em alguns locais a iluminação é muito baixa, fazendo com que as informações fiquem na penumbra, como é demonstrado nas figuras 10 e 11.

Figuras 10 e 11. Comunicação e sinalização no Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

Observou-se também que algumas sinalizações não se encontram em local bem visível, com as medidas adequadas para sua visualização. Esse aspecto é perceptível na figura 12.

Figura 12. Sinalização em local de difícil visualização.

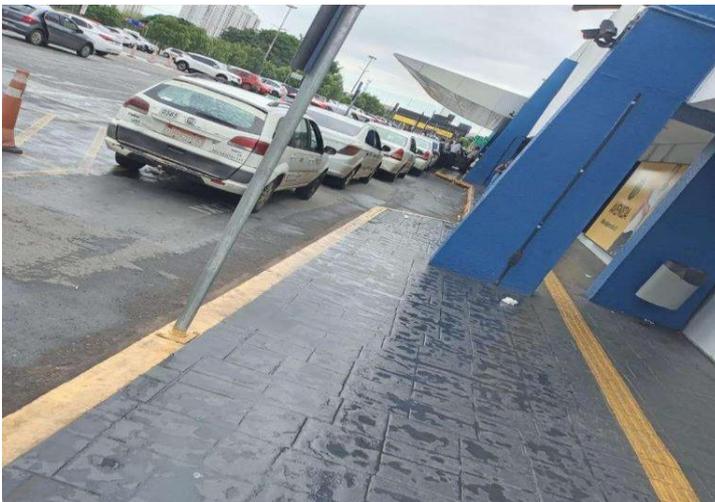


Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.7 Local de embarque e desembarque

A NBR 15320/2005 reforça que nos terminais rodoviários e locais de paradas acessíveis a comunicação e sinalização visual, auditiva e tátil deve estar disponível aos usuários com deficiência ou mobilidade reduzida. Observou-se que no Terminal Rodoviário de Goiânia há a sinalização tátil no embarque e desembarque destinado aos táxis e outros veículos de passageiros, conforme demonstrado na figura 13.

Figura 13. Faixa tátil no embarque e desembarque de veículos domésticos.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

No entanto, na área de embarque e desembarque dos ônibus não consta sequer a faixa tátil ou outra sinalização visual, conforme é demonstrado nas figuras 14 e 15.

Figuras 14 e 15. Falta de sinalização tátil no embarque e desembarque do Terminal Rodoviário de Goiânia



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.8 Banheiros acessíveis

Quanto a acessibilidade nos sanitários, a NBR 9050/2015 dispõe que eles devem obedecer aos parâmetros instituídos pela norma, apresentando acessórios e barras de apoio, áreas de circulação com espaço para a manobra de cadeiras de rodas. Além disso, os sanitários precisam estar localizados em rotas acessíveis, que sejam próximos à circulação principal, integrados ou próximos às outras instalações sanitárias de uso pelas pessoas que não apresentem deficiência ou mobilidade limitada. Quanto a esse item, observou-se que o Terminal Rodoviário de Goiânia atende à normatização, pois seus sanitários são acessíveis e diferenciados para o uso das pessoas com deficiência. Possuem barras de segurança, tanto nas portas quanto no seu interior. Além disso, observou-se que é possível encaixar uma cadeira de rodas no sanitário, o que amplia a acessibilidade aos sanitários. Isso é perceptível nas figuras 16, 17 e 18.

Figuras 16, 17 e 18. Banheiros acessíveis no Terminal Rodoviário de Goiânia



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.9 Rampas

A NBR 9050/2015 dispõe que as rampas precisam o fluxo de pessoas que circulam pelos locais, de forma a torná-los acessíveis. Para isso devem atender à largura mínima de 1,20 m de largura, podendo chegar a 1,50 m. Observou-se que no Terminal Rodoviário de Goiânia existem diversas rampas de acesso, no entanto, devido ao tipo de piso, o qual não é completamente antiderrapante o uso por cadeirantes é dificultado. Em alguns locais as rampas são estreitas, dificultando o acesso de uma cadeira de rodas. Isso é perceptível nas figuras 19, 20 e 21.

Figuras 19 ,20 e 21. Rampas do Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.10 Sinalização tátil do piso

Segundo a NBR 9050/2015, a sinalização tátil do piso pode ser, tanto direcional, quanto de alerta. A cor precisa ser contrastante, podendo ser integradas ou sobrepostas ao piso adjacente. Observa-se que na área externa do Terminal há a sinalização tátil do piso, mas isso não se aplica ao espaço destinado ao embarque e desembarque de passageiros, bem como em grande parte da área interna, na qual funciona as instalações do Araguaia Shopping. Esse aspecto pode ser observado nas figuras 22, 23 e 24.

Figuras 22, 23 e 24. Sinalização tátil do piso.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.11 Corrimãos

De acordo com a NBR 9050/2015, os corrimãos e guarda-corpos devem ser feitos de materiais capazes de oferecer o máximo de segurança, sendo bem afixados às paredes ou aos pisos, oferecendo o máximo de segurança em sua utilização. Também precisam ter sinalização tátil que os identifique. No Terminal Rodoviário de Goiânia, os corrimãos são bem sinalizados e feitos com material rígido e seguro, conforme demonstrado na figura 25.

Figura 25. Corrimãos presentes no Terminal Rodoviário de Goiânia



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.12 Sinalização de emergência

Segundo a NBR 9050/2015, tanto as rotas de fuga, quanto as saídas de emergência precisam ser sinalizadas de forma bem visível, constando de informações visuais e sonoras. Do mesmo modo, nas escadas é preciso que haja a sinalização tátil e visual de forma que seja possível reconhecer o número do pavimento em que a pessoa esteja. Nas saídas de emergência, além da sinalização tátil, devem ser instalados alarmes sonoros e vibratórios que devem funcionar em consonância com os alarmes visuais intermitentes. Observou-se que tanto na área externa, quanto interna do Terminal Rodoviário, não existem sinalização de emergência, sendo elas bem poucas e pouco perceptíveis. Isso pode ser comprovado nas figuras 26, 27 e 28.

Figuras 26, 27, 28. Falta de sinalização de emergência no Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.13 Vagas para veículos de PCD

Conforme a NBR 9050/2015, as vagas destinadas às pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida devem atender aos requisitos de sinalização, sendo demarcadas, tanto horizontal, quanto verticalmente. Do mesmo modo, essas vagas precisam se vincular às rotas acessíveis, sendo localizadas de forma que a circulação entre os veículos não ocorra. Destaca-se que no Terminal Rodoviário de Goiânia, pelo menos nas proximidades do embarque e desembarque de passageiros não há vaga demarcada para PCDs, conforme é observado na figura 29.

Figura 29. Falta de vagas para veículos pertencentes a PCDs.

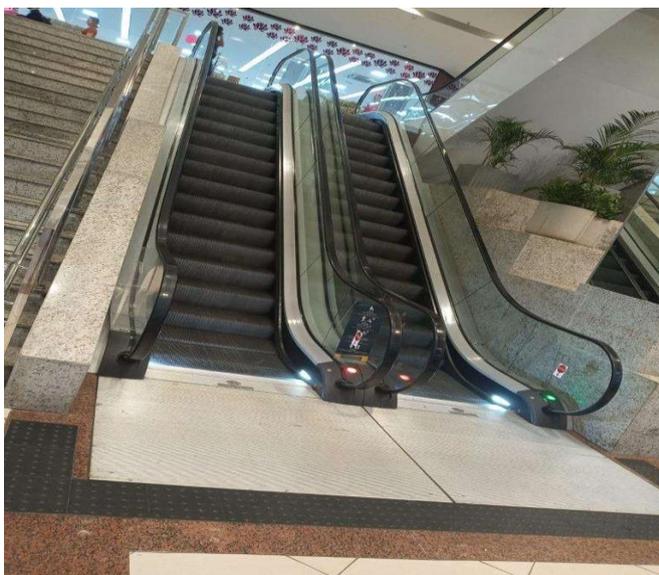


Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.14 Sinalização da escada rolante

A NBR 9050/2015 reforça que na escada rolante as instruções de uso devem ser sinalizadas e quando houver plataforma para cadeira de rodas, a sinalização precisa ser visual e tátil com as instruções de uso, de modo a informar que enquanto a pessoa na cadeira de rodas estiver utilizando, deverá ser acompanhada de profissional habilitado, além da integração de dispositivo que possa ser utilizado para comunicar a solicitação de auxílio. No contexto do Terminal Rodoviário de Goiânia, na área destinada ao lazer há uma escada rolante, no entanto, não há plataforma de acesso por cadeira de rodas, assim como não há outro tipo de sinalização, tendo somente a faixa de piso diferencial antiderrapante na entrada e saída da escada, conforme demonstrando na figura 30.

Figura 30. Acesso à escada rolante na área interna do Terminal Rodoviário de Goiânia



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.15 Sinalização de degraus

Conforme a NBR 9050/2015, os degraus ou escadas devem ser sinalizados visualmente, na borda do piso, utilizando cor contrastante com a do acabamento. Além disso, os degraus isolados devem ser limitados por faixas antiderrapantes. No Terminal Rodoviário de Goiânia, observou-se que ao se tratar de degraus isolados, houve a cor diferencial acrescida da faixa antiderrapante, segundo consta na figura 31.

Figura 31. Sinalização de degraus isolados



Fonte: os pesquisadores, 2022.

5.1.16 Elevadores acessíveis

Em relação aos elevadores, a norma descreve que eles devem atender ao que é disposto em relação à sinalização, dimensionamento e características da população atendida no que se refere à acessibilidade. Do lado externo deve haver sinalização tátil e visual, responsáveis por informar as instruções de uso, dos pavimentos atendidos, bem como a posição para embarque. O Terminal Rodoviário de Goiânia dispõe de um elevador para pessoas com deficiência ou mobilidade reduzida, sendo ele demonstrado na figura 32.

Figura 32. Elevador acessível

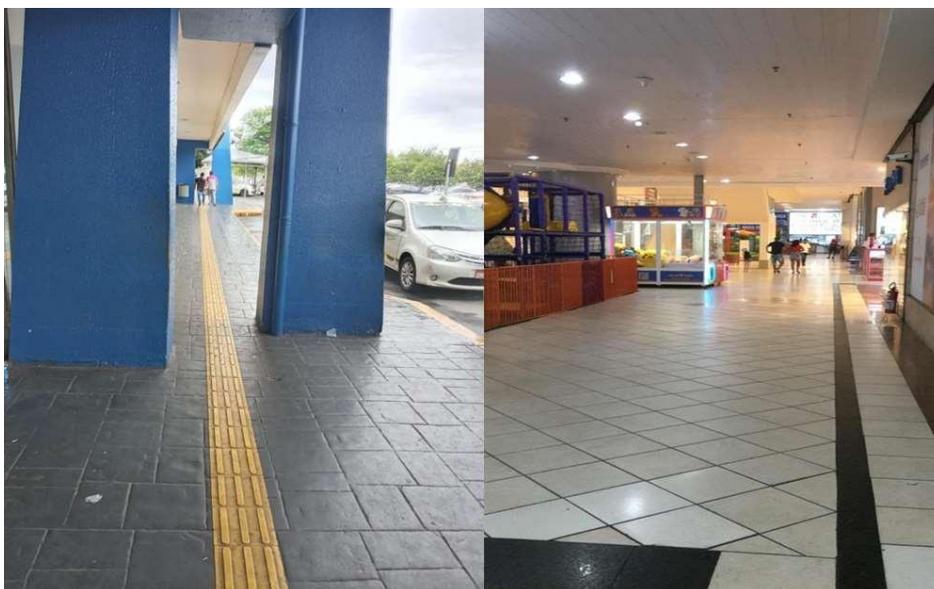


Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.17 Corredores

A NBR 9050/2015 dispõe que os corredores precisam ser dimensionados de acordo com a quantidade de pessoas que acessam os locais, de modo que seja assegurado o trânsito livre de barreiras ou obstáculos. Observa-se que no Terminal Rodoviário de Goiânia, há um corredor externo cujo acesso dá para uma movimentada rua comercial e que apresenta alguns obstáculos aos transeuntes, sendo impossível o acesso de pessoas com deficiência que precisem de cadeira de roda. Por outro lado, na parte interna do terminal, os corredores são amplos e suportam o fluxo de pessoas nos dias mais movimentados. Esse aspecto é demonstrado nas figuras 33 e 34.

Figuras 33 e 34. Corredores do Terminal Rodoviário de Goiânia.



Fonte: os pesquisadores, 2022.

4.1.18 Planos e mapas táteis

Os planos e mapas táteis são compostos por superfícies horizontais ou inclinadas, nas quais estão dispostas as informações em Braille e em alto relevo, com reentrância na parte inferior, de modo a acomodar uma cadeira de rodas. Ressalta-se que no Terminal Rodoviário há um mapa tátil, com sinalização tátil no piso e referências acessíveis, em conformidade com a NBR 9050/2015. Esse aspecto pode ser conferido na figura 35.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante da análise realizada no Terminal Rodoviário de Goiânia, com a aplicação do checklist cuja finalidade foi a de verificar a conformidade e não conformidade em relação à acessibilidade, observou-se que o local precisa aprimorar as condições de acessibilidade, principalmente nos espaços de circulação e na oferta de equipamentos de embarque e desembarque para pessoas com deficiência e mobilidade reduzida.

Como há um espaço de lazer no mesmo local que funciona a rodoviária de Goiânia, ressalta-se a necessidade de um redesenho em relação à acessibilidade, pois há locais que oferecem riscos individuais, justamente por serem de grande circulação, mas sem a adequação necessária para que os usuários com deficiência possam utilizar os espaços, os riscos somente são ampliados. Ressalta-se que no local destinado ao embarque e desembarque de passageiros, faltam os equipamentos, assim como os profissionais treinados para embarcar e desembarcar as pessoas com deficiência em segurança. Do mesmo modo, observou-se a falta de sinalização e adaptação do ambiente para que possam acessar os locais com segurança.

Os resultados obtidos na pesquisa demonstram a necessidade de investimento em modificações na edificação do terminal, embora pelo percentual de conformidade, seja possível avaliar que o terminal atende mais à acessibilidade do que não atende. Mesmo assim, é preciso reforçar que a segurança do usuário deve constar em todos os espaços, pois basta uma não conformidade para que a acessibilidade se torne comprometida.

Conforme o estudo, é preciso que cada ponto de não conformidade seja analisado e caso seja possível mexer na estrutura da edificação, deve ser eliminado. O conceito de acessibilidade prevê locais 100% acessíveis e seguros, assim, ressalta-se a necessidade de outros estudos complementares que possam analisar a viabilidade econômica de uma reestruturação do Terminal Rodoviário de Goiânia.

REFERÊNCIAS

AMARAL, A. L. B, et al. **Estudo de viabilidade técnica da implantação do terminal de integração intramodal no município de Ibitité – MG**. 2012. Disponível em: <http://www.fumec.br/revistas/tfc/article/view/1569/982>. Acesso em: 1 out. 2022.

APUIM, F. A. C. **Terminal rodoviário de passageiros**. Porto: Editora da FEUP, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15320: Acessibilidade à pessoa com deficiência no transporte rodoviário**. Rio de Janeiro, 2005.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2015.

BRASIL. Decreto nº 5.296 de 2 de dezembro de 2004. Regulamenta as Leis nos 10.048, de 8 de novembro de 2000, que dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e 10.098, de 19 de dezembro de 2000, que estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 3 dez. 2004.

BRASIL. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. IBGE. **Pesquisa sobre pessoas com deficiência**. 2021. Disponível em <http://www.ibge.com.br> Acesso em: 15 out. 2022.

BRASIL. Lei no 10.048, de 8 de novembro de 2000. Dá prioridade de atendimento às pessoas que especifica, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 9 nov. 2000a.

BRASIL. Lei no 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Estabelece normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade das pessoas portadoras de deficiência ou com mobilidade reduzida, e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, 20 dez. 2000b.

CAMISÃO, V. **Manual de Acessibilidade aos Edifícios Residenciais do Rio de Janeiro**. Rio de Janeiro: Edifcas, 2018.

CARVALHO, C.H.R. **Políticas de melhoria das condições de acessibilidade no transporte urbano no Brasil**. Rio de Janeiro: IPEA, 2015.

CARVALHO, C.H.R. **Políticas de melhoria das condições de acessibilidade no transporte urbano no Brasil**. Edição ampliada. Rio de Janeiro: IPEA, 2017.

COHEN, R. Acessibilidade como fator de construção do lugar. In: LOPES et al.(Orgs.). **Desenho Universal: caminhos da acessibilidade no Brasil**. São Paulo: Ed. Annablume, 2019.

DUARTE, C. R. S.; COHEN, R. Proposta de Metodologia de Avaliação da Acessibilidade aos Espaços de Ensino Fundamental. In: **Anais NUTAU 2006: Demandas Sociais, Inovações Tecnológicas e a Cidade**. São Paulo, USP: 2006.

HERMONT, L. D.; RIBEIRO, R.G. **Caderno de implantação de sistemas de transporte acessíveis**. Brasília: Ministério das Cidades, 2006.

MARCELINO, N. C. O entendimento do lazer. In: _____. **Políticas públicas setoriais de lazer: o papel das prefeituras**. Campinas: Autores Associados, 2016.

MARTINS. S. A. **Análise do projeto de terminal urbano rodoviário de passageiros: o caso do Terminal Universitário de Joinville (SC)**. 2017. 90 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Transporte e Logística, Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de, Joinville, 2017.

NEVES, S. I. O. **Terminal intermodal de passageiros em Sorocaba-SP**. 2014. 94f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Arquitetura e Urbanismo, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2014.

OLIVEIRA, L.S. MACHADO, S. A. Análise da acessibilidade do transporte ferroviário de passageiros. **XI FATECLOG - Os desafios da logística real no universo virtual**. 2020. Bragança Paulista/SP – BRASIL, 2020.

SANTOS, R. C. **Mobilidade Urbana Sustentável no Distrito Federal: uma análise dos efeitos da Política Nacional de Mobilidade Urbana**. 35 f. Monografia (Bacharelado) – Universidade de Brasília, Departamento de Gestão de Políticas Públicas, 2015.

DOSAGEM DE CONCRETO DE ULTRA-ALTO DESEMPENHO COM SÍLICA ATIVA EM SUSPENSÃO

DOSAGE OF ULTRA HIGH PERFORMANCE CONCRETE WITH ACTIVE SILICA IN SUSPENSION

CASTRO, Alberto Andrade de ¹; LARANJEIRA, Carlos de Souza ²; SANTOS, Igor
Matheus Carvalho ³; VALLE, Sávio Serra do ⁴; PINHEIRO⁵, Wellenson Nascimento;
SILVA, Erlucivânia Bueno da ⁶.

RESUMO

O concreto é o segundo material mais consumido do mundo, com isso, surgiram importantes avanços nos estudos e pesquisas para o melhoramento das tecnologias empregadas nas estruturas de concreto, a fim de se ter um melhor entendimento acerca do comportamento mecânico do concreto. Dessa forma, a presente pesquisa tem como objetivo verificar e analisar a influência da substituição de parte do volume da sílica ativa densificada, por sílica ativa em suspensão, submetendo os corpos de prova ao ensaio de compressão para verificar o ganho de resistência nas idades de 07, 14 e 28 dias em um concreto de ultra alto desempenho (CUAD). Sendo assim, a pesquisa é de cunho exploratório de análise literal, dispondo de procedimentos experimentais adquiridas em laboratório, e tendo como método o indutivo. De acordo com os resultados, a substituição de 100% da sílica ativa densificada por sílica ativa em suspensão no CUAD proporcionou um ganho de aproximadamente 8,8% na resistência à compressão, na idade de 28 dias em comparação com o CUAD com 50% de sílica ativa densificada.

Palavras-chave: Concreto de ultra-alto desempenho. CUAD. Sílica ativa densificada. Sílica ativa em suspensão.

ABSTRACT

Concrete is the second most consumed material in the world, with that, important advances have been made in studies and research to improve the technologies used in concrete structures, in order to have a better understanding of the mechanical behavior of concrete. Thus, the present research aims to verify and analyze the influence of replacing part of the volume of densified silica fume, by silica fume in suspension, subjecting the specimens to the compression test to verify the resistance gain at ages 07, 14 and 28 days in an ultra high performance concrete (CUAD). Therefore, the research is of an exploratory nature of literal analysis, using experimental procedures acquired in the laboratory, and using the inductive method. According to the results, the replacement of 100% of the densified silica fume by silica fume in suspension in the CUAD provided a gain of approximately 8.8% in the compressive strength, at the age of 28 days compared to the CUAD with 50% of densified silica fume.

Keywords: Ultra high performance concrete. UHPC. Densified silica fume. Suspended silica fume.

¹ Graduando em engenharia civil na FacUnicamps. E-mail: albertoandrade00@hotmail.com

² Graduando em engenharia civil na FacUnicamps. E-mail: carloscpu81@gmail.com

³ Graduando em engenharia civil na FacUnicamps. E-mail: igor.gyn16@gmail.com

⁴ Graduando em engenharia civil na FacUnicamps. E-mail: saviovalle6@gmail.com

⁵ Graduando em engenharia civil na FacUnicamps. E-mail: wellenson.pinheiro@gmail.com

⁶ Orientadora. Mestra e Engenheira civil. E-mail: erlucivania.silva@facunicamps.edu.br

1 INTRODUÇÃO

A revista OE (2012) apontou que o concreto é o segundo material mais consumido do mundo, perdendo apenas para a água. Tendo em vista isso, o desenvolvimento de novos compostos cimentícios com características e propriedades diferentes, e melhores do que já se tem no mercado, faz com que diversas pesquisas sejam realizadas visando o melhoramento das tecnologias empregadas nas estruturas de concreto na construção civil, buscando concretos com maiores resistências, economia e durabilidade (SIMONETTI, 2019).

Surge, então, na década de noventa, as investigações e criações desses tipos de concreto, onde basicamente surgiu após uma necessidade específica onde o concreto convencional não atenderia de forma segura (TUTIKIAN, 2007), o que culminou no desenvolvimento da pesquisa acerca do concreto conhecido como de alto desempenho (CAD) pelos pesquisadores Mehta e Aïtcin, tendo esse concreto em suas propriedades uma elevada resistência mecânica quando a edificação atinge uma certa idade útil, controle de retração, elevada durabilidade e controle do calor de hidratação (CHRIST, 2014).

Na mesma década de noventa, agora com os pesquisadores Richard e Cheyrezy (1995), o concreto de ultra-alto desempenho (CUAD), que primeiramente foi chamado de Concreto de Pós Reativos (CPR), por apresentarem em sua composição materiais bem finos, como os pós. O CPR possuía alta resistências à compressão, podendo chegar até 200 MPa através de cura térmica e cura submersa (ZANNI *et al.*, 1996), elevada durabilidade e tenacidade, tendo em sua composição agregados com diâmetros máximos de 0,2 a 0,3 mm não possuindo agregados graúdos, criando uma mistura homogênea de areia, pó de brita e ligante.

Para obter concretos com melhores propriedades, muitas vezes, são utilizados aditivos em suas misturas, esses aditivos fornecem ao concreto materiais de diferentes propriedades que podem sofrer alterações químicas através de reações com produtos de hidratação do concreto como as pozolanas, e aqueles que podem ser simplesmente preenchidos por vazios de materiais encontrados em concreto, como enchimento. Um desses materiais pozolânicos é a sílica ativa, ou microsílica, que reage com as partículas produzidas pela hidratação dos componentes do cimento, alterando quimicamente e fisicamente a microestrutura da pasta, melhorando a zona de transição e assim também o intervalo entre a matriz e a combinação agregada (BROOKS; NEVILLE, 2013).

A presente pesquisa tem como objetivo geral verificar a influência da substituição de parte do volume da sílica ativa densificada por sílica ativa em suspensão, na resistência à compressão axial de um traço de CUAD.

Os objetivos específicos desse texto são:

- Dosar três traços de CUAD, sendo um de referência baseado em pesquisas anteriores com apenas sílica ativa densificada da marca ELKEM 920 D e outros dois traços substituindo 50 % e 100 % da sílica ativa densificada por sílica ativa em suspensão CENTRILIT FUME S.
- Submeter corpos de prova cilíndrico de 5 x 10 cm a cura submersa e ao ensaio de resistência à compressão axial nas idades de 07, 14 e 28 dias.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste item serão apresentadas definições do CUAD e pesquisas relacionadas, assim como serão abordados também os benefícios da incorporação da sílica ativa no concreto.

2.1 Concreto de ultra-alto desempenho (CUAD)

A construção civil busca diariamente tecnologias que possam contribuir para seu desenvolvimento, tendo como objetivo estruturas duráveis com menor peso próprio, maior resistência, aproveitando ao máximo as propriedades de cada material.

Os primeiros materiais a surgir compostos de agregados reduzidos visando uma elevada resistência foram o DSP (*Densified with Small Particles*, Densificado com Partículas Pequenas) e o MDF (*Macro Defect Free*, Livre de Macros Defeitos), que foi descoberto segundo Aïtcin (2000), entre 1972 e 1973, por Brunauer. Esse concreto que poderia resistir a compressões de até 200 MPa, na sua composição utilizava partículas finas, com adições elevadas de minerais e de aditivos superplastificantes, devendo se trabalhar com a relação água/cimento na ordem de 0,10 a 0,20 em massa. (TUTIKIAN *et al.*, 2011).

O CPR tem sido o material mais estudado e utilizado entre os CUAD (TUTIKIAN *et al.*, 2011), e derivou-se de pesquisas realizadas por Pierre Richards na França, ex-diretor da empresa francesa Bouygues, em 1990 a quem foi acreditado inventor desse tipo específico de concreto. Em conjunto com as empresas, Lafarge e Rhodia continuaram com os estudos, a

adição de micro fibras contribuiu para melhoria das propriedades do concreto, logo foi patenteado como Ductal, levando ao nome de Concreto de Pós Reativos (CPR), tendo uma aparência de argamassa pela granulometria reduzida, porém, conhecido ainda pelo termo “concreto” pela relação do seu alto desempenho e utilização principalmente em peças estruturais.

De acordo com Aïtcin (2008), CPR segue três princípios básicos:

- A homogeneidade é aumentada quando se elimina as partículas com maior espessura, utilização balanceada de areia para evitar o contato entre si na pasta de cimento endurecida, melhor propriedades mecânicas devido à hidratação e ausência da zona de transição pasta de cimento e agregados;
- Melhor compactidade devido às dimensões reduzidas dos agregados da mistura, e pelo endurecimento comprimido quando possível;
- Hidratação por tratamento de calor refinando a microestrutura do concreto;

O concreto de ultra-alto desempenho (CUAD) é um exemplo da constante busca de métodos mais eficientes para a construção civil, buscando resistência e viabilidade econômica, podendo ser considerado como evolução dos CAD (concreto de alto desempenho). O CUAD é um compósito à base de cimento, com baixo teor de água, relação a/c ente 0,15 e 0,28 (ABBAS *et al.*, 2015), com resistência à compressão de 150 MPa e resistência à tração de 6,2 MPa (GRAYBEAL, 2009). No entanto, de acordo com (HUANG *et al.*, 2017) todo concreto com uma resistência acima de 120 MPa já pode ser considerado como um concreto de ultra alta desempenho, mas não se tem um consenso sobre qual idade o CUAD atinge essa resistência, em várias pesquisas como a de Christ (2019) a resistência é atingida após os 90 dias. Vários países como Estados Unidos, Alemanha, Canadá, França e Austrália adotam o CUAD em seus projetos sendo uma de suas principais aplicações em peças pré-moldadas.

O controle da porosidade do concreto e bem similar entre o CPR e CUAD, diferenciando as dimensões dos agregados, CPR tendo como tamanho médio 0,2 mm (TUTIKIAN *et al.*, 2011), já o CUAD pode chegar a um diâmetro máximo de 0.6mm (KHAYAT *et al.*, 2019), com a diminuição dos poros da pasta de cimento, a sua interface está relacionada com a redução da relação água/aglomerante, fazendo com que as partículas de cimento fiquem mais próximas umas das outras na pasta de cimento fresca, portanto, quando ocorrem as reações de hidratação do cimento, a estrutura se fecha mais rapidamente, com

crístais menores, resultando em um concreto menos poroso, aumentando, conseqüentemente, a proteção e a qualidade do concreto (TUTIKIAN *et al.*, 2011).

Ao eliminar os agregados graúdos tem se uma redução de grande parte dos vazios internos tornando a distribuição de cargas mais uniforme, aumentando a resistência do material devido à redução de tensões pontuais, que na maioria dos casos é responsável pelos danos à microestrutura. Logo, quanto menor for a dimensão das partículas maior será a superfície específica, ocasionando na melhor distribuição de forças e, conseqüentemente, a maior resistência às intempéries do tempo.

Em seguida se encontram as principais características do CUAD:

- Ausência de agregados graúdos;
- Uso de sílica ativa;
- Aplicação de agregado de quartzo;
- Redução da relação água/cimento;
- Uso de aditivos superplastificantes;
- Elevada resistência mecânica;

2.2 Composição do concreto de ultra-alto desempenho

2.2.1 Tipos e granulometrias dos materiais

Uma das coisas mais importantes ao se preparar uma dosagem é a seleção dos materiais. De acordo com Goes *et al.* (2020), os materiais que basicamente compo o CUAD são:

- Cimento Portland;
- Areia artificial;
- Areia natural;
- Aditivo superplastificante;
- Sílica;
- Cinza volante;
- Fibras;
- Metacaliun;
- Filer;

Segundo Neto (1999), as areias naturais (Figura 1), normalmente utilizadas como agregado, são de natureza quartzosa rolada de origem fluvial ou eólica. Já as areias artificiais (Figura 2), requerem um processamento específico que visa à adequação do tamanho e da forma (TONSO, 1994).

Figura 1 - Areia natural.



Fonte: Casa da Irene. Disponível em: <https://casadeirene.com/areia-natural-areia-industrial/>. Acesso: 26 out. 2022

Figura 2 - Areia artificial.



Fonte: Polimix. Disponível em: <https://polimixagregados.com.br/areia-industrial-a-areia-do-futuro/>. Acesso: 26 out. 2022

2.3 Sílica ativa

Almeida (1990) descreve que o primeiro interesse de aplicação da sílica ativa foi proveniente do processo de fabricação industrial, devido aos rejeitos de silício metálico e ligas de ferro silício. A sílica ativa é um material extraído partir da redução do quartzo à alta temperatura em fornos a arcos elétricos, onde os principais produtos são o silício, ou ligas contendo silício, ou seja, não se encontra na natureza. A sílica é um material extremamente fino, e que aplicado no concreto tem a função de preencher os espaços vazios de tal modo que todos eles são preenchidos, tornando um concreto quase impermeável, aumentando sua resistência e impedindo a entrada de ar e dificultando à corrosão nas estruturas de aço (HERMANN *et al.*, 2016).

Em 1950, foi realizada a primeira pesquisa sobre a utilização da sílica ativa na Universidade de Tecnologia da Noruega, com o objetivo de se obter um concreto que fosse resistente à água altamente sulfatada de uma parte do túnel construído em Oslo. No fim da década de 1990, no Canadá tiveram os primeiros indícios em relação à utilização da sílica

ativa. A partir de então, começaram a trabalhar e investigar este aditivo em diversos países (ALMEIDA, 1990).

A sílica ativa possui um teor de SiO_2 ⁷ amorfo superior a 85%, uma superfície específica de 20000 kg/m^2 , uma massa específica de 2200 g/cm^3 , sendo uma forma de partícula esférica. Os tamanhos típicos de sílica ativa estão entre 200 nm e 1000 nm. Sua massa unitária não densificada é menor que 350 kg/m^3 , e a massa unitária densa é maior que 350 kg/m^3 (TECNOSIL, 2013). Por outro lado, Sidodikromo (2019), discorre que a sílica ativa possui diâmetro médio com proporção ideal de adição de 20% a 35% em relação à massa do cimento.

A relação sílica/cimento também é outro fator considerado importante, as características da sílica são bem diferentes do cimento, desta forma deve-se ter um controle na mistura desses elementos, o cimento é um produto industrializado a partir de vários elementos químicos, já a sílica é proveniente de reações de materiais, as características físicas de cada material ao se misturarem reagem influenciando no resultado final do concreto.

Segundo Mehta & Monteiro (1994) e Bentz & Stutzman (1994), o processo químico da sílica ativa ocorre na zona de transição por meio do aumento da aderência. Nos concretos sem a adição, os cristais de cálcio de hidróxido, possuem ligações através de forças de interações intermoleculares definidas por de Van der Waals, ou seja, mais fracas que as do C-S-H⁸, aparecendo em grandes quantidades na zona de transição devido aos espaços vazios. Com a reação pozolânica tem-se a diminuição do teor de Ca(OH)_2 ⁹ e concepção de compostos com maior resistência, como o C-S-H ocasionando uma aderência melhor entre pasta/armadura e pasta/agregado.

De acordo com Souza & Ripper (1998), comparado ao concreto comum, o concreto com a adição de sílica ativa apresenta as seguintes vantagens:

- Maior resistência à compressão e tração;
- Menor permeabilidade, porosidade e absorção;
- Maior resistência à abrasão e à erosão;
- Mais resistência a produtos químicos como sulfato e cloreto;
- Forte aderência ao concreto novo e antigo (velho);

⁷ SiO_2 – Dióxido de silício.

⁸ C-S-H – Silicato de cálcio hidratado.

⁹ Ca(OH)_2 – Hidróxido de cálcio.

- Menor índice de reflexão no concreto projetado.
- Redução de consumo quando tem substituição parcial do cimento por sílica.

2.4 Sílica ativa em suspensão

Os aprimoramentos e pesquisas com microsílica, bem como o desenvolvimento da nanotecnologia, levaram à descoberta de partículas ainda menores, chamadas de nanossílica.

A nanossílica é constituída de nanopartículas, ou seja, óxido de silício (SiO_2), podendo ser de origem biogênica, mineral ou sintética. Como a nanossílica é um material mais fino que a sílica, ela apresenta uma maior área superficial e, conseqüentemente, maior atividade pozolânica, resultando em uma microestrutura mais densa em relação aos materiais cimentícios (SANTOS, 2018).

Devido ao seu alto efeito pozolânico, quando comparado com o $\text{Ca}(\text{OH})_2$ transformando em C-S-H, a nanossílica promove a hidratação do cimento, melhorando as propriedades mecânicas do concreto. Além disso, o acréscimo da nanossílica ao concreto induz um efeito de preenchimento (fíler), ou seja, refinamento dos poros (P. P. *et al.*, 2021).

Além de outros benefícios, como hidratação acelerada do cimento, aumento da tenacidade, resistência à compressão, cisalhamento, tensão e flexão, a nanossílica é um material eficiente para preencher os vazios entre as partículas de cimento e também aumentar a densidade de empacotamento do material (HONGJIAN, 2014).

Segundo o fabricante e ficha técnica, a sílica ativa em suspensão, ou microsílica, é uma interrupção estável de partículas dispersas em água. Essas partículas são de 50 a 100 vezes menor que os grãos de cimento que preenchem os vazios, tendo assim o aumento do grau de empacotamento da dispersão (MC BAUCHEMIE BRASIL, 2022). Assim, pode-se considerar que esse produto possui suas vantagens tais como:

1. Alta estabilidade da suspensão;
2. Redução do efeito álcali-agregado (RAA);
3. Melhor homogeneização no método de mistura;
4. Maior densidade e resistência do concreto;
5. Maior proporção entre as resistências à compressão e flexão;

6. Maior resistência química à abrasão e contra a corrosão;

Em comparação com o cimento Portland comum e as cinzas volantes, a distribuição do tamanho das partículas da microssílica é duas ordens de grandeza mais fina (CONSATI, 2018). Portanto, devido à pequena dimensão das partículas (1,0 μm), a microssílica possui uma grande área superficial específica, o que justifica a alta demanda hídrica e a necessidade de plastificantes, embora melhore a trabalhabilidade ao reduzir o tamanho e o volume dos vazios no concreto.

O estudo realizado por Carmo e & Portella (2008) mostrou que a substituição de 8% do ligante por sílica ativa apresentou melhorias nas reações álcali-agregado, tendo ganho nas propriedades mecânicas e no desempenho do concreto.

3 METODOLOGIA

A pesquisa realizada neste trabalho foi desenvolvida no laboratório de materiais da construção Campus III da FacUnicamps, localizada no município de Goiânia. Para a realização da pesquisa foram desenvolvidos três traços com agregados de dimensão máxima característica de 4,75 mm. A variável da pesquisa foi a sílica ativa ELKEN 920 D, ou seja, a partir de um traço de referência foram produzidos outros dois traços substituindo 50 % e 100 % do volume sílica ativa densificada por sílica ativa em suspensão - CENTRILIT FUME S.

Neste item serão apresentadas as propriedades dos materiais que foram utilizados, os traços e os ensaios realizados.

3.1 Materiais utilizados

O detalhamento contendo as respectivas especificações, bem como as curvas de granulometria dos agregados está a seguir:

3.1.1 Cimento

Neste trabalho foi utilizado cimento Portland composto com fíler - CP II-F-40, com adição de 6 a 10% de fíler calcário e maior grau de finura, o que proporciona maiores resistências em todas as idades. A Tabela 1 apresenta as propriedades físicas, mecânicas do cimento, segundo informações do fabricante e de acordo com a norma ABNT NBR 11578:1991.

Tabela 1 - Características físicas e mecânicas do cimento CII-F-40.

Propriedade	Idade	Lote 1	Lote 2
Resistência à compressão (MPa)	3 dias	37,8	37
	7 dias	44,1	42,8
	28 dias	51,1	50,3
Blaine (cm ² /g)		5318	5180

Fonte: Votorantim (2022).

3.1.2 Sílica Ativa (ELKEN 920 D)

A sílica ativa densificada utilizada foi a ELKEN 920 D. A densidade aparente dessa sílica é de 350 kg/m³ e a mesma atende a ABNT NBR 13956-4:2012, possuindo as seguintes especificações de acordo com a Tabela 2.

Tabela 2 - Especificações Sílica ELKEN 920 D.

Elemento	Unidade	Valores
SiO ₂	%	mín.: 85,0
H ₂ O	%	máx.: 3,0
Perda ao fogo (975° C)	%	máx.: 6,0
Índice de Atividades Pozolânica aos 7 dias	%	máx.: 105
Partículas > 45 µm (325mesh)	%	máx.: 10,0

Fonte: (DUXENGENHARIA, 2014).

3.1.3 Sílica Ativa em Suspensão

A sílica ativa em suspensão CENTRILIT FUME S da MC-Bauchemie foi utilizada nos traços com 50% e 100% de substituição da sílica ativa ELKEN 920 D. Esta sílica diferente da ELKEN 920 D que é em estado sólido, se encontra no estado líquido podendo ser utilizada em pré-moldados e concretos de alto desempenho, pois possui aumento de resistência química

à abrasão, densidade e principalmente aumenta a proporção de resistência entre a compressão e a flexão da estrutura (MC BAUCHEMIE, 2022). Na Tabela 3 são apresentadas as propriedades da sílica em suspensão CENTRILIT FUME S.

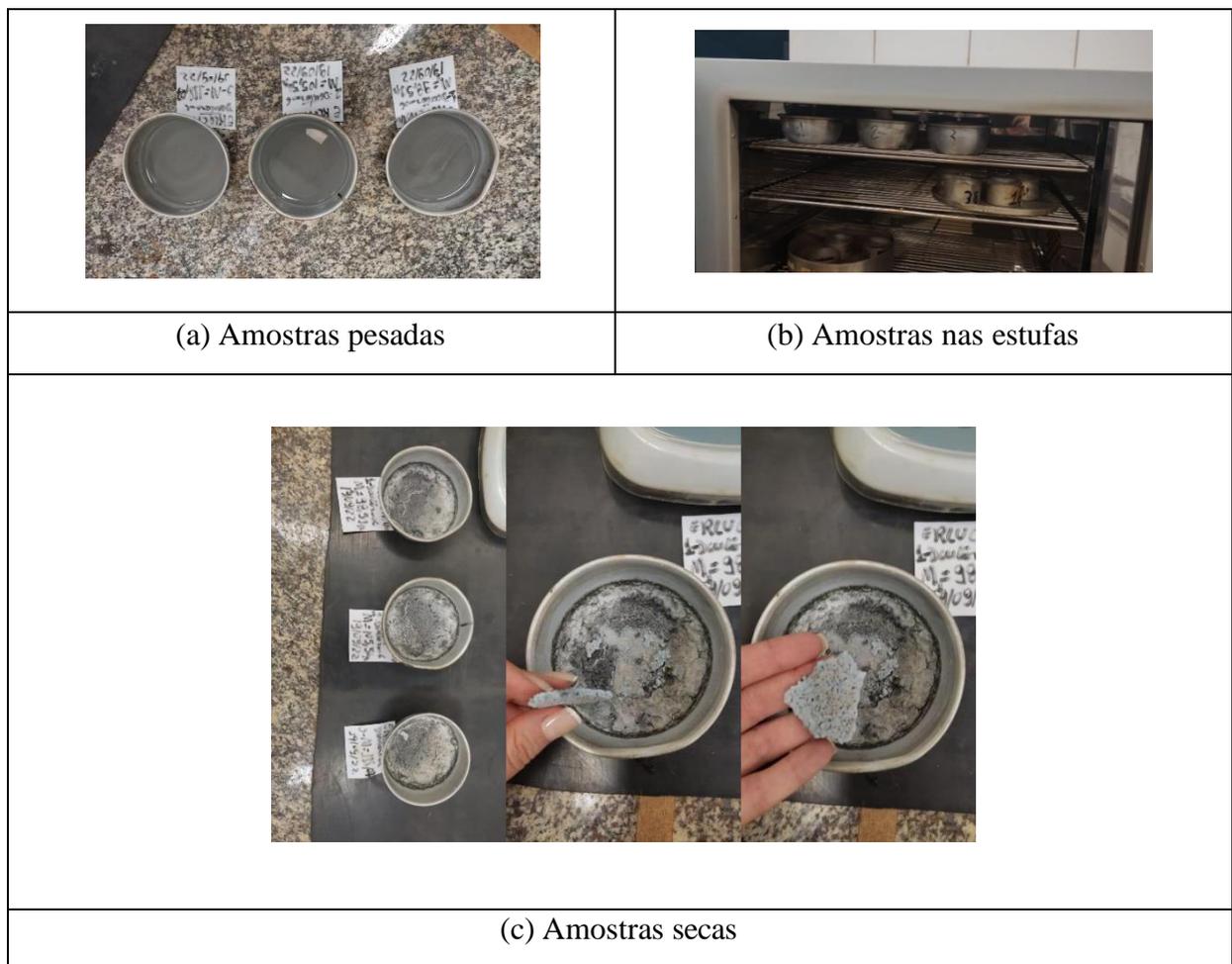
Tabela 3 - Propriedades da sílica em suspensão - CENTRILIT FUME S.

Características	Valor	Observações
Densidade	1,38 kg/L	NBR 11768-3: 2019
Dosagem máxima	20%	Sobre o peso do cimento

Fonte: (MC BAUCHEMIE, 2022).

Para determinação do teor de água da sílica ativa em suspensão três amostras (Figura 3) foram secadas em estufa com ventilação forçada obtendo um teor de sólido na sílica ativa em suspensão igual 22,64 % e, conseqüentemente, um teor de líquido 77,36 %.

Figura 3 - Determinação do teor de sólido da sílica ativa em suspensão.



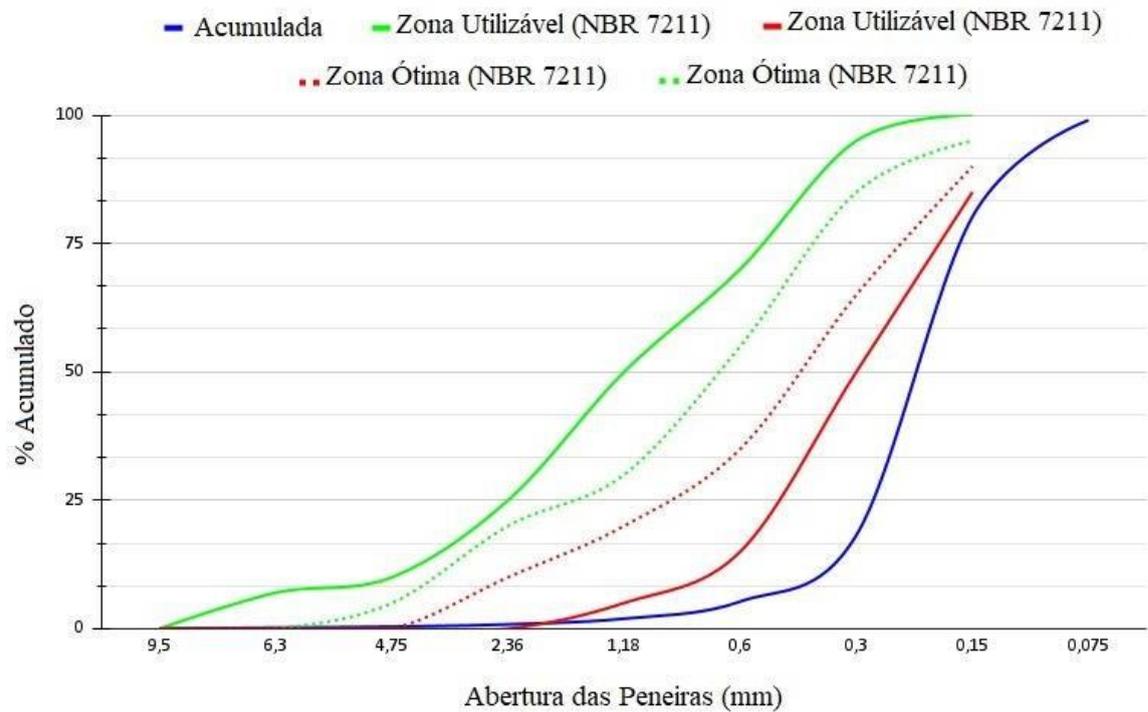
Fonte: (LABGEO-UFG, 2022).

3.1.4 Agregados

No desenvolvimento da pesquisa foram utilizados agregados miúdos obtidos na região.

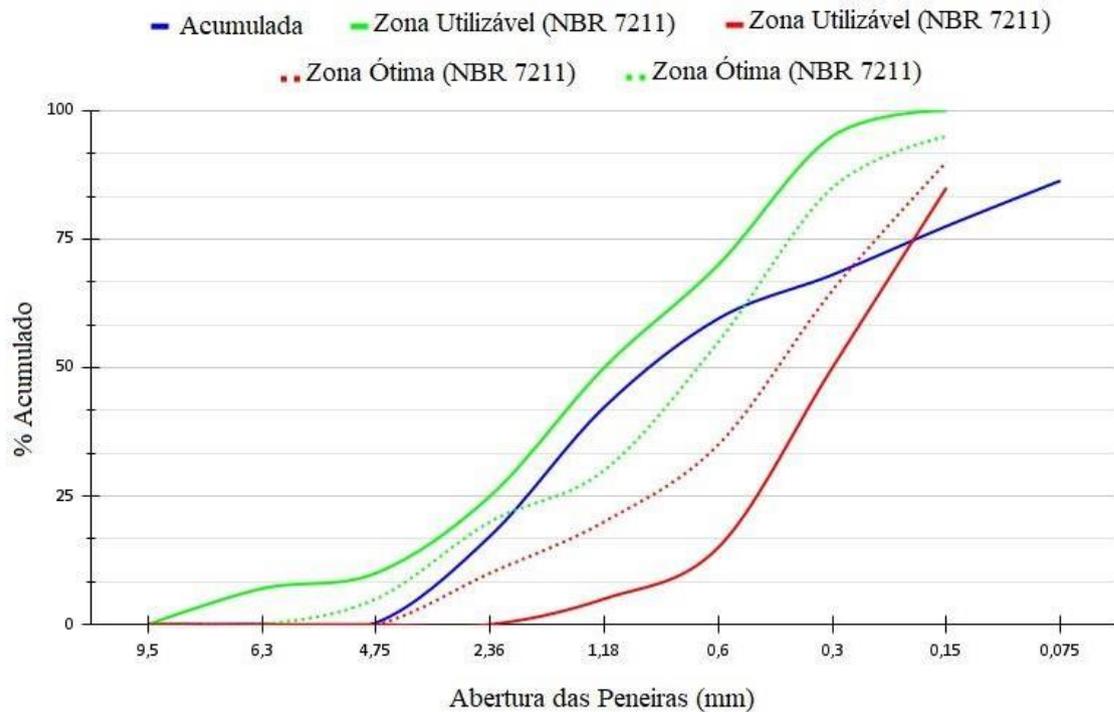
A areia natural de rio possuía dimensão máxima característica de 0,6 mm e módulo de finura de 0,99 mm. Na Figura 4 é apresentado a curva granulométrica e os limites impostos pela ABNT NBR 7211:2022.

Figura 4 - Curva granulométrica da areia natural.



Fonte: LABITECC (2022).

A areia artificial empregada na pesquisa é resultante da britagem da pedra gnaissé possuindo diâmetro máximo característico e módulo de finura iguais a 4,75 mm, 3,51 mm, respectivamente. Na Figura 5 são apresentadas as curvas granulométricas da areia artificial e as curvas dos limites impostos pela ABNT NBR 7211:2009.

Figura 5 - Curva granulométrica pó de pedra.

Fonte: LABITECC (2022).

Para garantir a fluidez necessária à mistura, foi empregado um aditivo superplastificante baseado na tecnologia de polímeros policarboxilatos, o aditivo utilizado foi o superplastificante MC-POWERFLOW 4001, cujo seu diferencial é ser um aditivo de redutor de água tipo 2. Na Tabela 4 são apresentadas as propriedades do aditivo superplastificante.

Tabela 4 - Propriedades do aditivo - MC-POWERFLOW 4001.

Características	Valor	Observações
Densidade	1,12 kg/L	NBR 11768-3: 2019
Dosagem recomendada	$\geq 0,2\% \leq 5,0\%$	Sobre o peso do cimento

Fonte: (MC BAUCHEMIE, 2022).

3.2 Processo de mistura dos materiais

A produção do concreto foi realizada em uma argamassadeira com capacidade de 5 litros, mostrado na Figura 6.

Figura 6 - Argamassadeira Skymesen BPS-05L.



Fonte: O pesquisador (2022).

Para a produção dos traços do concreto de ultra-alto desempenho, foram obedecidos os seguintes passos:

1º Os materiais foram pesados e separados conforme apresentados na Figura 7;

Figura 7 - Materiais traço 50% e 100%.



Fonte: O pesquisador (2022)

2º Foram adicionados todos os volumes dos materiais em um recipiente para realizar a mistura de forma manual, para se ter uma melhor mistura entre todos os materiais (Figura 8);

Figura 8 - Mistura manual.



Fonte: O pesquisador (2022).

- 3° Em seguida, todo o volume do material misturado foi colocado dentro do recipiente da argamassadeira para ser misturar por 3 minutos, colocando a água já medida de forma gradativa (Figura 9-a);
- 4° Posteriormente, foi adicionado o aditivo plastificante e misturado por 2 minutos (Figura 9-b);

Figura 9 - Materiais na argamassadeira.



(a) Água sendo adicionada



(b) Superplastificante sendo adicionado

Fonte: O pesquisador (2022)

- 5° Logo após, já com todos os materiais já colocados na argamassadeira, o processo e mistura posterior se deu em 7 minutos em uma velocidade constante até atingir a trabalhabilidade necessária para se moldar os corpos de prova;

Figura 10 – CUAD.



Fonte: O pesquisador (2022)

6° Após passado o processo de mistura, colocou-se o concreto para descansar por 1 minuto para verificar se houve exsudação ou segregação, totalizando todo o processo em 15 minutos.

Figura 11 - Descanso do concreto.



Fonte: O pesquisador (2022).

Em seguida, foram realizados os ensaios no estado fresco para caracterização do CUAD, sendo então moldados 08 corpos de prova de 5 x 10 cm adensados em uma única camada. Após decorridas as primeiras 24 horas da moldagem dos corpos de prova, os mesmos foram desenformados e levados para serem submetidos a cura submersa com cal até o dia dos

referidos rompimentos, para a obtenção da resistência à compressão com idades de 07, 14 e 28 dias respectivamente.

3.3 Ensaio no estado fresco

Para cada dosagem, foram realizados ensaios para determinação das propriedades do concreto no estado fresco, tais como: consistência pelo abatimento do tronco de cone de Hagermann regido pela norma alemã DIN 18555-2, e massa específica conforme a norma ABNT NBR 9833:2008. A Figura 12 mostra a realização desses ensaios.

Para determinar a consistência do CUAD no estado fresco foi realizado o teste da mesa de fluxo, ou Slump Teste com cone Hagermann, na execução foi utilizado o tronco de cone de aço inoxidável com as seguintes dimensões: 60 mm de altura, diâmetros internos, inferior e superior, de 100 mm e 70 mm respectivamente. Para a preparação do equipamento, foi necessária a análise do tronco de cone garantindo a ausência de qualquer impureza, também foi feita a verificação da base de superfície utilizada para o espalhamento e medição posterior do concreto, observando se a mesma se encontrava plana e nivelada, após a conferência do equipamento foi necessário criar uma leve película de água na base, com o objetivo de reduzir qualquer interferência no resultado devido ao atrito.

Após o preparo, o cone foi centralizado e pressionado com uma força constante sobre a base, e então preenchido até seu limite, utilizando-se de uma espátula efetuando um movimento de corte em ângulo de 45° da base o excesso foi retirado, deixando a argamassa em um nivelamento perfeito, logo, o cone foi imediatamente elevado durante 3 segundos com movimento constante perpendicular a base, liberando assim o espalhamento do CUAD, sendo então aferido o diâmetro do espalhamento.

Figura 12 - Slump teste.



Fonte: O pesquisador (2022).

3.4 Ensaio no estado endurecido

Os corpos de prova foram rompidos em uma empresa parceira da pesquisa, seguindo a ABNT NBR 5739:2018 (ABNT, 2018), que regulamenta os procedimentos para a realização dos ensaios de compressão de corpos de provas cilíndricos. Foi utilizada uma prensa hidráulica para a obtenção das cargas (kN), e posteriormente realizar o cálculo para se achar a resistência (MPa) do corpo de prova. Na Figura 13, um corpo de prova sendo submetido ao ensaio de compressão e forma de ruptura após o ensaio.

Figura 13 - Ensaio de compressão.



(a) Corpo de prova na prensa (b) Corpo de prova rompido

Fonte: O pesquisador (2022).

4 RESULTADO E DISCUSSÕES

Neste tópico, são apresentados os resultados e as análises de cada traço no estado fresco e no estado endurecido.

Na Figura 14 é apresentado o aspecto do CUAD durante a aferição do diâmetro de espalhamento de cada ensaio. Analisando cada traço, e levando em conta que cada um deles teve o mesmo tempo de mistura, velocidade e a sequência no qual foram colocados os materiais dentro do recipiente, nota-se que ambos os traços tiveram uma boa trabalhabilidade, sobressaindo o traço III, pois, na sua dosagem se utilizou mais componentes líquidos como a água, o aditivo superplastificante e a sílica ativa em suspensão. Todos os traços apresentaram também uma boa homogeneidade, sem que ficasse retido no centro da placa de espalhamento algum volume.

Figura 14 - Aspecto e ensaio e determinação do diâmetro no ensaio espalhamento do CUAD.



(a) Traço I

(b) Traço II

(c) Traço III

Fonte: O pesquisador (2022).

Realizou-se também o ensaio de slump em um CUAD, com o objetivo de fazer uma relação entre o espalhamento obtido com o tronco de cone convencional, regido pela norma ABNT NBR 16889:2020 com dimensões de 300 mm de altura, diâmetros internos, inferior de 200 mm e superior de 100 mm (Figura 15), e o espalhamento obtido pelo tronco de cone Hagermann com dimensões de 60 mm de altura, diâmetros internos, inferior de 100 mm e superior de 70 mm.

Figura 15 – Ensaio de comparação.

(a) Cone convencional

(b) Cone de Hagermann

Fonte: O pesquisador (2022)

A Tabela 5 apresenta os resultados de espalhamento obtidos no tempo de 50 s para ambos os ensaios.

Tabela 5 - Espalhamento com o tronco de cone convencional e com o tronco de cone de Hagermann em T=50 s.

Tipo de tronco de cone	Espalhamento (mm)
Cone convencional	800
Cone de Hagermann	280

Fonte: O pesquisador (2022).

Analisando os valores tem-se que o espalhamento com o tronco de cone convencional foi 2,86 vezes superior ao do espalhamento com o tronco de cone de Hagermann.

Na Tabela 6 estão apresentados os resultados de espalhamento, massa específica e as resistências à compressão axial de cada traço nas idades de 07, 14 e 28 dias. Em relação à massa, observa-se que a incorporação da sílica em suspensão não alterou a trabalhabilidade quando se considerou apenas 50 % de substituição da sílica ativa ELKEM 920 D (Traço II), no entanto, quando houve a substituição de 100 % da sílica ativa ELKEM 920 D (Traço III) houve um aumento no espalhamento. Isso pode ter ocorrido devido ao melhor empacotamento

e dispersão da sílica suspensa em meio líquido proporcionado pela sílica CENTRILIT FUME S.

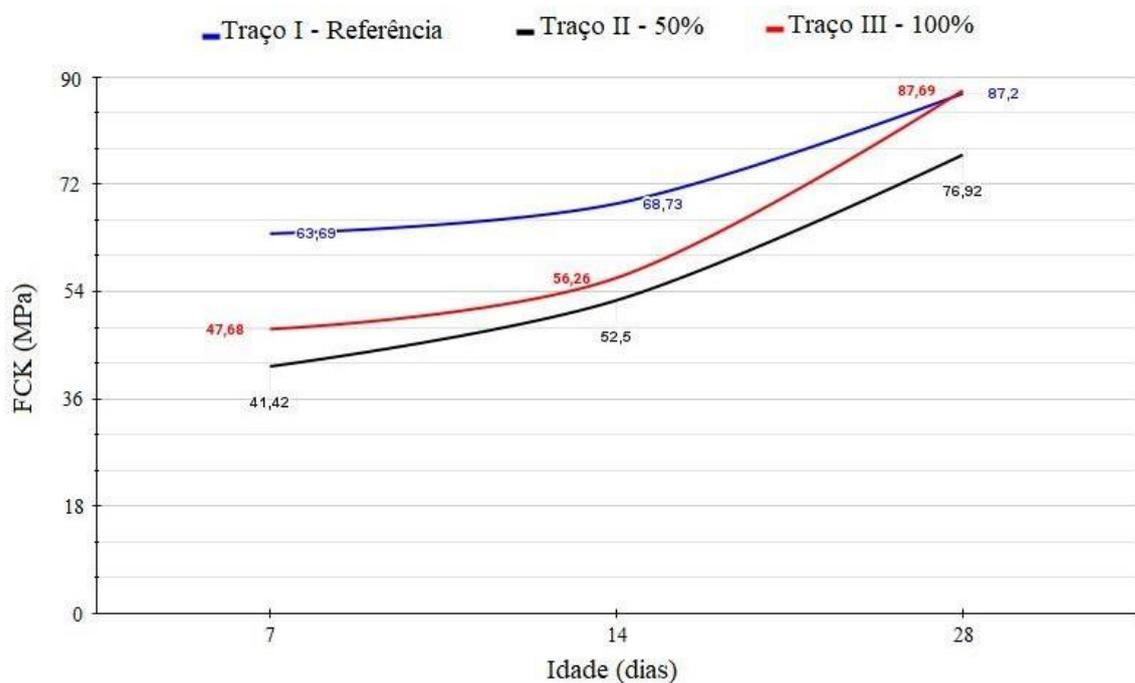
Tabela 6 - Resultados dos ensaios de espalhamento à compressão.

TRAÇOS	ESPALHAMENTO (mm)	MASSA ESPECÍFICA (gr/cm ³)	07 DIAS		14 DIAS		28 DIAS	
			IND	MÉDIA	IND	MÉDIA	IND	MÉDIA
TRAÇO I	350	21,4	—	63,69	68,13	68,73	88,70	87,20
			63,69		69,34		85,71	
TRAÇO II	350	21,4	43,99	41,42	52,11	52,50	80,30	76,92
			38,85		52,89		73,55	
TRAÇO III	360	21,9	44,87	47,68	55,65	56,26	88,24	87,69
			50,49		56,86		87,15	

Fonte: O pesquisador (2022)

Na Figura 16 tem-se a evolução das resistências à compressão do CUAD.

Figura 16 – Evolução da resistência do CUAD.



Fonte: O pesquisador (2022).

Tendo em vista os resultados, tem-se que o CUAD do presente trabalho não atingiu 120 MPa aos 28 dias. HUANG (2017) defende que ao se atingir 120 MPa, já se pode considerar como CUAD, no entanto, o que não é estabelecido é qual a idade na qual esse concreto deve atingir a resistência requerida pela a classificação.

Paulo Roberto (2015) realizou um estudo sobre as propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho com adição de nanosílica estabilizada e obteve a resistência de 77,7 MPa aos 28 dias. Christ (2019) realizou estudos de dosagem para concretos de ultra-alto desempenho chegando aos 28 dias com 95,9 MPa e após 90 dias chegando em um resultado de 121,6 MPa. Comparando resultados obtidos neste trabalho com as referidas pesquisas têm-se necessários a ruptura em outras idades como aos 90 dias.

Considerando os valores de resistência à compressão obtidos aos 28 dias na presente pesquisa com os valores obtidos por outros pesquisadores nessa mesma idade é provável que o CUAD deste trabalho atinja os 120 MPa aos 90 dias.

Em relação ao efeito da adição da sílica ativa em suspensão no CUAD, verifica-se que não houve uma variação de resistência à compressão aos 28 dias. O traço com 50 % de substituição da sílica ativa ELKEM 920 D por sílica ativa em suspensão apresentou resistência de 8,75% inferior ao traço de referência, enquanto que o traço com 100% de substituição apresentou um percentual de 1% superior ao traço de referência aos 28 dias. Também não foi observado nenhum ganho de resistência em relação ao traço de referência nas primeiras idades.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A presente pesquisa teve como propósito verificar o comportamento do concreto em relação à sua resistência a compressão axial, analisando a influência da substituição de dois traços do concreto de ultra-alto desempenho, um com 50% da microsílica ELKEN 920 D, pela sílica ativa em suspensão CENTRILIT FUME S e posteriormente a substituição de 100% desta mesma microsílica pela sílica ativa em suspensão.

Com as análises e os estudos realizados sobre a dosagem que foi proposta foi possível averiguar que a adição da sílica ativa em suspensão no traço II de 50% obteve uma menor resistência no decorrer dos dias de ruptura em comparação com o traço III que sempre ficou com um ganho de resistência superior. Enquanto que se comparar com o traço de referência, ambos ficaram abaixo nos períodos de 07 e 14 dias, em compensação ao se chegar nos 28 dias o traço com 100% de sílica ativa em suspensão conseguiu superar o traço de referência em 1%.

Com base nesses dados, é possível que a adição de sílica ativa em suspensão em um concreto pode acarretar um ganho maior de resistência após o período de 28 dias do que a sílica ativa densificada e, além disso, o uso dessa sílica pode trazer uma elevação no ganho da trabalhabilidade do concreto como se viu nos ensaios de espalhamento, propiciando um concreto muito mais homogêneo semelhante ao um concreto auto adensável.

Com isso, se pode perceber mais a importância de se estudar e aprofundar ainda mais sobre o tema, visto que esse tipo de concreto será cada vez mais utilizado para as grandes estruturas que vem surgindo a cada dia. Desta forma, obter novos conhecimentos acerca dos benefícios que a adição da sílica ativa em suspensão proporciona para o mesmo, se torna essencial para se tê-la como uma alternativa viável para o concreto de ultra-alto desempenho.

6 REFERÊNCIAS

CHRIST, R. **Proposição de um método de dosagem para concretos de ultra-alto desempenho (UHPC)**. São Leopoldo: Universidade do Vale do Rio dos Sinos (UNISINOS), 2019. 154 p.

GOES, C. M. W. *et al.* Revisão sobre empacotamento de partículas e os materiais utilizados no desenvolvimento de concreto de ultra alto desempenho. Florianópolis. **Revista INBRACON**, 2020. p. 03 – 06.

GRAYBEAL, B. **UHPC making strides**, Public Roads, Federal Highway Administration, McLean, VA 72 (4) (2009) 17–21.

HERMANN, E. A. *et al.* Empacotamento de partículas de cimento e sílica ativa em pastas pelo uso de modelo analítico. Curitiba. **Revista INBRACON**, 2016. p. 49 – 65.

HOFFMAN, A. T. **Influência da adição de sílica ativa, relação água/aglomerante, temperatura e tempo de cura no coeficiente de difusão de cloretos em concretos**. Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), 2001. 145 p.

HUANG, H.; GAO, X.; WANG, H.; **Influence of rice husk ash on strength and permeability of ultra-high-performance concrete**. Construction and Building Materials. Elsevier, v. 149, p. 621-628, 2017.

MC, BAUCHEMIE. **Centrlit Fume S – Sílica ativa em suspensão para concretos de alto desempenho**. Disponível em: <https://www.mc-bauchemie.com.br/produtos/aditivos-para-concreto/adicoes/centrlit-fume-s.html>. Acesso em: 22 out. 2022.

NEIRY, A. M. L. **Avaliação comparativa de concretos com e sem sílica ativa para resistências entre 50 e 65 MPa**. Brasília: Universidade de Brasília (UNB), 1999. 191 p.

NOLI FILHO, P. R. **Propriedades mecânicas do concreto de alto desempenho com adição de nanosílica estabilizada**. Belo Horizonte: Universidade Federal de Minas Gerais (UFMG), 2015. 95 p.

PEDROSO, H. T. R. **Análise da influência da nanosílica na resistência à compressão de concretos: uma revisão**. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos, 2021. 75 p.

REVISTA OE. **Segundo material mais consumido no mundo é tema do evento.** Disponível em: <https://revistaoe.com.br/segundo-material-mais-consumido-no-mundo-e-tema-de-evento/>. Acesso em: 01 out. 2022.

RIGO, L. A. **Estudo entre nano sílica e micro sílica em argamassa para aplicação em concretos como proposta de melhoria de desempenho.** Pato Branco: Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2016. 83 p.

SANTANA, A. C. *et al.* **Estudo comparativo de concreto com sílica de cinza da casca de arroz e sílica ativa.** Foz do Iguaçu: Ibracon, 2018. 16 p.

SOUZA, M. C.; DAVI, A. S.; FRAGA, Y. S. B. **Efeito da sílica ativa nas propriedades do concreto leve com argila expandida.** Brasília: Centro Universitário UNIEURO, 2022. 12 p.

SOUZA, S. M. **Estudo comparativo das propriedades do concreto convencional e concreto com contribuição de sílica ativa.** Governador Mangabeira: Centro Universitário Maria Milza, 2022. 51 p.

SOUZA, T. S.; GALVÃO, S. P. **Concreto de ultra-alto desempenho – concepção, desempenho e análise da viabilidade técnica no mercado brasileiro atual.** Santo Agostinho: Universidade Federal de Pernambuco (UFP), 2021. 22 p.

SOUZA, V. C.; RIPPER, T. **Patologia, recuperação e reforço de estruturas de concreto.** São Paulo: Pini, 1998. 255 p.

TECNOSIL. **Reduza seus custos e aumente a qualidade do seu concreto com o uso de Sílica Ativa.** Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/silica-ativa/>. Acesso em: 14 out. 2022.

TRINDADE, D. S. **Patologia em estruturas de concreto armado.** Santa Maria: Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), 2015. 88 p.

TUKITIAN, B. F.; ISAIA, G. C.; HELENE, P. **Concreto de alto e ultra-alto desempenho.** Ibracon, 2011. Capítulo 36.

XU, L. *et al.* **Effects of coarse aggregate and steel fiber contents on mechanical properties of high performance concrete.** Construction and Building Materials. Elsevier BV, v. 182. P. 118-125, set 2018.

ZANNI, H. *et al.* Investigation of hidration and pozzolanic reaction in reactive powder (RPC) using ^{29}Si NMR. In: **Cement and Concrete Research**, vol. 26, n. 1, jan, 1996, p. 93-100.

ESTUDO DE CASO DA VIABILIDADE ECONÔMICA- FINANCEIRA DE UMLOTEAMENTO RESIDENCIAL EM GOIÂNIA-GO: ANÁLISE DA TAXA INTERNA DE RETORNO E VALOR PRESENTE LÍQUIDO

CASE STUDY ON THE ECONOMIC AND FINANCIAL FEASIBILITY OF A RESIDENTIAL SUBDIVISION IN GOIÂNIA-GO: ANALYSIS OF THE INTERNAL RATE OF RETURN AND NET PRESENT VALUE

ARAÚJO¹. Filipe Naves, CAIXE². Matheus Louly, LEITE³. Lucas Norberlandi,
TENÓRIO⁴. Helen Oliveira

RESUMO

O desenvolvimento imobiliário, incluindo loteamentos abertos, desempenha um papel fundamental na economia de um país, através da geração de empregos, investimento e geração de riqueza, estímulo ao comércio e serviços locais e expansão urbana planejada. Para que um empreendedor imobiliário saiba se o projeto em prospecção é viável ou não, é necessário que se faça uma análise de viabilidade econômica-financeira. Para isso, o empreendedor deve utilizar premissas realistas de vendas e de obras e, de acordo com sua Taxa Mínima de Atratividade (TMA), ele conseguirá identificar se a Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL) do projeto em análise fazem sentido ou não. O presente artigo tem como objetivo analisar a viabilidade da implantação de um loteamento aberto em uma área no bairro Vila Itatiaia, em Goiânia – GO. Para isso, baseado em premissas, construiu-se uma viabilidade econômica-financeira do projeto e, através do fluxo de caixa extraído, analisou-se os principais indicadores financeiros, como Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL), que mostram se o projeto é viável ou não. Para o caso analisado, o projeto é viável ao empreendedor pelo fato da TIR do projeto ser maior do que a TMA e, por consequência, o VPL da operação é positivo.

Palavra-chaves: Desenvolvimento imobiliário; Empreendedor imobiliário; Viabilidade Econômica- Financeira; Fluxo de Caixa; Indicadores financeiros.

ABSTRACT

Real estate development, including open subdivisions, plays a fundamental role in a country's economy through job creation, investment, wealth generation, stimulation of local commerce and services, and planned urban expansion. In order for a real estate entrepreneur to determine whether a prospective project is viable or not, an analysis of economic and financial feasibility must be conducted. To do this, the entrepreneur must use realistic sales and construction assumptions and, based on their Minimum Attractive Rate (MAR), they can identify whether the project's Internal Rate of Return (IRR) and Net Present Value (NPV) make sense or not. This article aims to analyze the feasibility of implementing an open subdivision in an area located in the Vila Itatiaia neighborhood, in Goiânia – GO, Brazil. To achieve

¹ Filipe Naves Araújo – Acadêmico de Engenharia Civil – filipenaves7@gmail.com

² Matheus Louly Caixe – Acadêmico de Engenharia Civil – matheuslouly@hotmail.com

³ Lucas Norberlandi Leite – Acadêmico de Engenharia Civil - norberlandi.lucas@gmail.com

⁴ Orientadora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPs. E-mail:

Helen.tenorio@facunicamps.edu.br

this, an economic and financial feasibility of the project was constructed based on assumptions, and the extracted cash flow was used to analyze key financial indicators such as the Internal Rate of Return (IRR) and Net Present Value (NPV), which indicate whether the project is viable or not. In the case analyzed, the project is viable for the entrepreneur because the project's IRR is higher than the MAR, and as a result, the NPV of the operation is positive.

Keyword: Real estate development; Real estate entrepreneur; Economic and financial viability; Cashflow; Financial indicators.

Keywords: *Real estate development; Real estate entrepreneur; Economic-Financial Viability; Cash flow; Financial indicators.*

1. INTRODUÇÃO

Desde os primeiros assentamentos humanos, o estabelecimento de comunidades organizadas tem sido uma parte intrínseca do desenvolvimento humano. No entanto, foi com a Revolução Industrial que as cidades começaram a experimentar um rápido crescimento populacional e uma maior concentração de pessoas em áreas urbanas. Esse fenômeno levou ao surgimento de loteamentos como uma solução para a demanda por moradias acessíveis e infraestrutura urbana adequada.

De acordo com a Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979, em seu artigo 2º, parágrafo 1º, loteamento é a subdivisão de uma gleba em lotes destinados a edificação, com abertura de novas vias de circulação, de logradouros públicos ou prolongamento e modificação ou ampliação das vias existentes.

Os loteamentos desempenham um papel crucial na configuração das áreas urbanas e na dinâmica socioeconômica de um país. O impacto dos loteamentos se dá através da geração de empregos em várias etapas do processo de desenvolvimento imobiliário, desde a concepção e aprovação de projetos até a construção, venda e manutenção das unidades habitacionais. Além disso, o desenvolvimento imobiliário serve como uma importante opção de investimento, gerando riqueza e estimulando o mercado financeiro.

Além dos benefícios econômicos, os loteamentos desempenham um papel fundamental na expansão planejada das áreas urbanas, garantindo um uso eficiente do solo e evitando problemas de desenvolvimento desordenado. Eles também impulsionam o comércio local, estimulando a criação de estabelecimentos comerciais e serviços necessários para atender às demandas das comunidades.

Considerando o contexto histórico e a importância dos loteamentos, este trabalho busca analisar, de forma financeira, se a implantação de um loteamento aberto em uma área é viável ou não. Para isso, é necessário verificar se a matrícula da área e se o zoneamento da mesma permite que seja desenvolvido um loteamento aberto. Caso seja possível, realiza-se uma pesquisa de mercado, que pode ser feita tanto com a contratação de empresas especializadas ou a partir de verificações in loco com a análise do que os concorrentes estão praticando.

Paralelamente à essa pesquisa, também realiza-se um orçamento paramétrico para estimativa dos custos de obras do projeto. Com as premissas comerciais e de obras embasadas, constrói-se uma viabilidade econômica-financeira do projeto para que seja possível com que o empreendedor imobiliário tenha em mãos os indicadores financeiros do seu projeto e, a partir da análise desses indicadores, tome decisões que possam contribuir para o desenvolvimento do loteamento.

1.1. OBJETIVOS

1.1.1. OBJETIVO GERAL

Estudar e verificar a viabilidade econômica e financeira para a implantação de um loteamento residencial na cidade de Goiânia-GO e entender, por meio de indicadores financeiros como Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL), se o projeto é viável ou não.

1.1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS

Os objetivos específicos são:

- a) Realizar o estudo de viabilidade econômica-financeira da área;
- b) Analisar os indicadores financeiros extraídos do fluxo de caixa;
- c) Comparar a Taxa Interna de Retorno (TIR) com a Taxa Mínima de Atratividade (TMA);
- d) Analisar como a variação do preço de venda e do custo de obra impacta na Taxa Interna de Retorno (TIR);

1.2. JUSTIFICATIVA

O mercado imobiliário está inserido em um ambiente competitivo onde o sucesso e continuidade dos empreendimentos está diretamente relacionado à pesquisa baseada em dados quantitativos e qualitativos, orientando a tomada de decisão dos empreendedores e subsidiando seu posicionamento estratégico. Essas posições estratégicas fornecem aos empreendedores ações para alcançar oportunidades que sejam de seu interesse, levando em consideração as influências do mercado. (BALARINE, 2004 apud MINTZBERG, 2001).

Lapponi (2007) ressalta que, em um ambiente como o da construção civil, os interesses dos investidores tendem a se perder e, nesse ramo de negócios, é fundamental lançar novos produtos que proporcionem vantagem competitiva econômica em relação aos demais e buscar se manter à frente do mercado. Hirschfeld (2000) acrescenta que, no mundo dos investimentos e negócios, tomar decisões com base apenas em experiências passadas ou nos chamados sentimentos do investidor é indesejável e requer subsídios para apoiar essas decisões. Ambos os autores concluem dizendo que as oportunidades de execução são infinitas e que a persistência em rastrear, pesquisar e avaliar cada oportunidade é o que os diferencia da concorrência.

Hirschfeld (2000) completa afirmando que todo profissional do ramo da engenharia deveria ser preparado para as decisões econômicas, buscando sempre a máxima eficiência econômica, e como consequência disso, a máxima eficiência técnica.

Neste sentido, o intuito, ao término do presente trabalho, foi avaliar se, de acordo com as premissas base, o empreendimento imobiliário em questão é viável ou não e como que o preço de venda e o custo de obra podem impactar tal resultado.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 ESTUDO DE VIABILIDADE ECONÔMICA

Segundo Borges (2013), o estudo de viabilidade econômico-financeira é a parte final do plano e é realizado quando o investimento em um novo projeto é direcionado. A avaliação

de viabilidade é medida em indicadores econômicos e nos riscos e incertezas associados a um determinado projeto.

A ideia é que a realização de um estudo de viabilidade econômica auxilia os investidores a selecionar os projetos que se mostrem interessantes, dando suporte à decisão quanto a aprovação ou rejeição. Para a realização de um bom estudo de viabilidade, conhecimentos na área econômica são necessários para que o estudo seja coerente, exaltando a importância de ferramentas como o fluxo de caixa, métodos da engenharia econômica e indicadores econômicos (PRATES, 2017).

Neste sentido, a realização de um estudo de viabilidade econômico-financeiro associada à correta escolha dos indicadores econômicos fornece informações relevantes ao investidor quanto à viabilidade do projeto.

Na construção civil, os produtos ao final do processo podem ser definidos como grandes, pesados e caros (HILLEBRANDT, 1985). Com alto investimento de capital, alto risco e, sobretudo, longo tempo até o produto final, é importante usar um método que traduza a incerteza de um investimento em números e indicadores fáceis de entender, facilitando a tomada de decisão e sempre buscando sempre alternativas e cenários que maximizem oportunidades e minimizem riscos. (BALARINE, 1997).

2.2 ETAPAS DO DESENVOLVIMENTO DE LOTEAMENTOS ABERTOS

O parcelamento do solo, por se tratar de um ramo da construção civil, fica sujeito à estudos quanto sua viabilidade, e não apenas econômica, mas também legal, ambiental e urbanística. (AMADEI, 2014).

Amadei (2014) também apontou que as atividades de distribuição de terras vão além dos estudos econômicos e financeiros, e o conhecimento das leis vigentes, que muitas vezes podem levar a conflitos, exige que especialistas relevantes tenham conhecimentos além do campo econômico. O autor divide o processo de execução de todas as etapas de montagem da embalagem em 5 etapas, conforme a seguir:

a) Aspectos gerais da gleba, estudos de viabilidade: O autor define que, antes de qualquer estudo de viabilidade a ser desenvolvido, é necessário o reconhecimento minucioso da gleba para seu reconhecimento e da avaliação de seu entorno, contemplando itens como topografia,

elementos como rios e lagos, equipamentos públicos e comunitários existentes no local. Posteriormente, deve-se realizar os estudos de viabilidade;

b) Desenvolvimento de projetos e aprovações: após o reconhecimento da gleba e estudos acerca de sua viabilidade, deve-se utilizar as informações levantadas na fase de pesquisa e posteriormente realizar o desenvolvimento dos projetos. Elaborados os projetos, inicia-se o processo de aprovação dos projetos nos órgãos públicos municipais, estaduais e federais;

c) Registro imobiliário do parcelamento: após a aprovação dos projetos, deve-se registrar os lotes desmembrados da gleba, a fim de regularizar os lotes para comercialização;

d) Implantação e vendas do empreendimento: com o projeto do loteamento aprovado pela Prefeitura Municipal, estará autorizada a implantação da infraestrutura do loteamento. O autor ressalta que, para o início da implantação da infraestrutura, o serviço de Registro de Imóveis não precisa estar concluído, apenas quando tal item for exigido pela Prefeitura. Afirma, ainda, que não é aconselhável o início da implantação antes do registro devido ao fato que a gleba pode estar impugnada judicialmente devido a trâmites anteriores. Quanto as vendas dos lotes, o autor afirma que devem ser feitas após o registro dos lotes, evitando problemas jurídicos;

e) Administração do empreendimento: o autor define como administração do empreendimento como sendo a esfera jurídica, ou seja, atentar-se a todos os documentos utilizados em todo o processo, como contratos com empreiteiros, contratos de venda de lotes, serviço de atendimento ao cliente (SAC), etc.

Na pesquisa econômica, Amadei (2014) argumentou que cálculos empíricos ou avaliações baseadas em experiências passadas não são mais aceitáveis. As investigações devem ser conduzidas para garantir que os custos sejam consistentes com a realidade atual, a distribuição dos recursos disponíveis ao longo da vida do projeto seja determinada pelo plano e o cronograma do projeto e a disponibilidade de recursos dentro do projeto seja confirmada.

Cozac (2014) afirma que é muito importante fazer uma análise preliminar do terreno a ser investido, parâmetro que afeta diretamente os custos e gastos que compõem um projeto. Além disso, Amadei (2014) afirma que essa análise preliminar permitirá uma pesquisa mais detalhada e aprofundada, pois a ordem do projeto poderá ser diagnosticada.

2.3 ELEMENTOS BÁSICOS E INDICADORES FINANCEIROS DE UM ESTUDO DE VIABILIDADE

Cozac (2014) destaca cinco elementos considerados essenciais para a execução de um estudo de viabilidade econômico-financeiro de uma oportunidade. São eles: as receitas (ativos), os custos e despesas (passivos), o cronograma, o fluxo de caixa e os indicadores econômico-financeiros. As receitas se referem à todas as projeções comerciais do empreendimento, como velocidade de vendas, tabela de vendas e preço de venda dos lotes. Os custos se referem aos custos de aprovação, obras e terreno. As despesas se referem à taxa de administração e gestão do empreendimento, despesas de marketing, comissão e impostos fiscais. Os cronogramas se referem aos prazos estimados para aprovação, lançamento comercial, início das obras. O fluxo de caixa demonstra todas as receitas, custos e despesas projetados desde o início até o final da vida de um empreendimento imobiliário e, a partir dele, se extrai os indicadores econômico-financeiros.

Segundo Hirschfeld (2000), as entradas e saídas de capitais, além das condições, devem ser avaliadas com alto grau de realismo para melhor analisar as probabilidades estudadas. Com base nessas considerações, as entradas e saídas são comparadas com os cronogramas para analisar os resultados disponíveis para o desempenho do projeto no período de análise.

Samanez (2009) acredita que considerar as saídas e entradas de caixa fornece uma base para os investidores analisarem a rentabilidade e a viabilidade econômica de um projeto. O fluxo de caixa também representa a receita econômica gerada durante a vida de um projeto, que é utilizada como uma ferramenta importante na aplicação de índices econômicos, permitindo que os investidores obtenham informações e, assim, embasem a tomada de decisões de investimento.

Os principais indicadores econômicos e financeiros utilizados para análise de projetos são:

1. Taxa Mínima de Atratividade – TMA: Cozac (2014) define TMA como uma proporção conhecida de outros investimentos/projetos usada para comparar com proporções encontradas em estudos de viabilidade. Segundo Assaf Neto (1992), “na seleção de investimento, é necessária a definição prévia da taxa de retorno exigida, isto é, a taxa de atratividade econômica do projeto. Ao se trabalhar com métodos de fluxo de caixa descontado, a taxa de atratividade constitui-se no parâmetro de avaliação dos projetos, a meta econômica mínima a ser alcançada”. Assim sendo, quando um empreendedor deseja investir em um ativo imobiliário, ele espera que a rentabilidade desse projeto seja maior do que os rendimentos de

investimentos mais seguros, como por exemplo a Taxa Selic (taxa básica de juros da economia);

2. Valor presente líquido (VPL) – Segundo Samanez (2009), o valor presentelíquido representa o impacto futuro nos fluxos de caixa calculado como o valor presente associado a uma alternativa de investimento.

Samanez (2009) também afirma que avalia o valor presente dos investimentos e produtos gerados durante a vida útil do projeto em análise e busca alternativas para investidores que ofereçam retornos superiores em relação ao valor investido. Samanez (2009) utiliza o método VPL em todo o processo de avaliação, pelo qual o valor é ajustado por um fator, que se chama taxa de desconto, onde valores futuros são simultaneamente calculados a partir dos fluxos de caixa.

Hirschfeld (2000) concorda com outros autores quando afirma que o objetivo desse método é determinar a magnitude desse valor, ou valor presente, com base nas receitas e despesas dos fluxos de caixa. Este valor é tomado como o valor inicial para o estudo para determinar se resulta em um valor presente positivo ou negativo. Isso reforça a noção de que o VPL (Valor Presente Líquido) é a soma algébrica de todas as receitas e custos associados a n períodos. Essas tendências são ajustadas de acordo com a TMA, também conhecida como taxa de desconto. O VPL pode ser encontrado a partir da fórmula descrita na Equação 1:

$$VPL = \sum_{j=1}^n \frac{FC_j}{(1+TMA)^j}$$

onde:

- a) VPL é o valor presente líquido.
- b) FC é o fluxo de caixa no período j.
- c) j é o período de cada fluxo de caixa;
- d) TMA é a Taxa Mínima de Atratividade.

Com base nos achados, o VPL é comparado ao valor de referência original e segundo Lapponi (2007) deve ser avaliado como:

- a) Se $VPL > 0$, então a Taxa Interna de Retorno (TIR) do projeto é maior do que a TMA (Taxa Mínima de Atratividade). Logo, o projeto é viável;
- b) No entanto, se $VPL < 0$, a Taxa Interna de Retorno (TIR) é menor do que a Taxa Mínima de

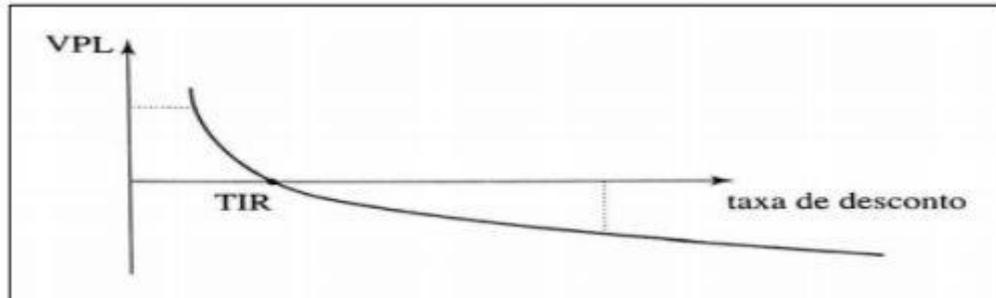
Atratividade (TMA) e, portanto, o projeto não é viável. .

Ao considerar as informações sobre VPL, Lapponi (2007) considera o fluxo de caixa total de um investimento, o valor do dinheiro no tempo, a taxa de juros exigida e o risco e, principalmente, o valor do investimento.

3. Taxa interna de retorno – TIR: Hirschfeld (2000) afirma que o objetivo primordial de qualquer investimento é obter um retorno financeiro superior ao valor investido. Os autores definem a Taxa Interna de Retorno (TIR) como a taxa encontrada ao considerar um resultado de VPL igual a zero, conforme mostra a Figura

01. Isso significa que a receita total e o custo são iguais, concordando com Samanez(2009) que apresentou a definição de TIR no gráfico mostrando que a TIR é definida quando o polinômio VPL é zero.

Figura 01: VPL x Taxa de Desconto



Fonte: Samanez (2009).

Lapponi (2007) acredita que o método da TIR tem vantagens por ser mais fácil de entender ao comunicar e considerar o fluxo de caixa integral, o valor do dinheiro no tempo.

2.4. AVALIAÇÃO EM DIFERENTES CENÁRIOS EM ESTUDOS DE VIABILIDADE

Devido ao fato de que o estudo de viabilidade econômico-financeira é realizado baseado em estimativas, Lapponi (2007) afirma que a decisão em que o empreendedor se baseia deve ser sustentada por variações nos dados analisados no estudo, variações essas relacionadas com a incerteza no projeto, causadas pelas diferenças entre o estimado no custo inicial e o retorno. Para essas variações, o autor afirma que a análise deve ser feita entre os limites pessimista e otimista.

Segundo Lima Júnior (1998), a pesquisa é realizada de acordo com cenários de referência definidos pelos planejadores com base em hipóteses sobre o comportamento experimentado em oportunidades passadas, empresas semelhantes ou negociação de arbitragem pura. A qualidade da entrada de informações no estudo está diretamente relacionada ao comportamento do modelo matemático e do conjunto de cenários de referência. Como os cenários de referência podem mudar além do controle do empreendedor devido ao ambiente em que o projeto está implantado, utilizamos variantes de cenários com base nos limites pessimista e

otimista dados por Lapponi (2009), prevê mudanças de comportamento e ajuda os empreendedores a tomar decisões quando as situações mostram mudanças favoráveis e desfavoráveis em relação ao cenário de referência.

3. METODOLOGIA

Definido o enfoque do estudo, que busca trazer segurança na hora de decidir pela execução do empreendimento, bem como a revisão bibliográfica, buscando entender e familiarizar-se com a teoria que rege um estudo de viabilidade econômica, foi definida uma linha de ação, e então a metodologia empregada.

3.1 CARACTERIZAÇÃO DO LOCAL DE ESTUDO

A gleba onde foi realizado o estudo situa-se no bairro Vila Itatiaia, na cidade de Goiânia, estado de Goiás. A gleba tem fácil acesso nas proximidade da Universidade Federal de Goiás Campus Samambaia. A gleba selecionada para o estudo possui área total de 377.165m², como é apresentado na Figura 02 a seguir:

Figura 02: Localidade do loteamento



Fonte: Google Earth (2023)

3.2 DEFINIÇÃO DAS PREMISSAS COMERCIAIS

Todo empreendimento imobiliário tem suas receitas. Essas receitas são obtidas pelas vendas dos seus ativos (unidades habitacionais). A definição dos ativos do empreendimento se dão a partir da venda e da precificação dos lotes.

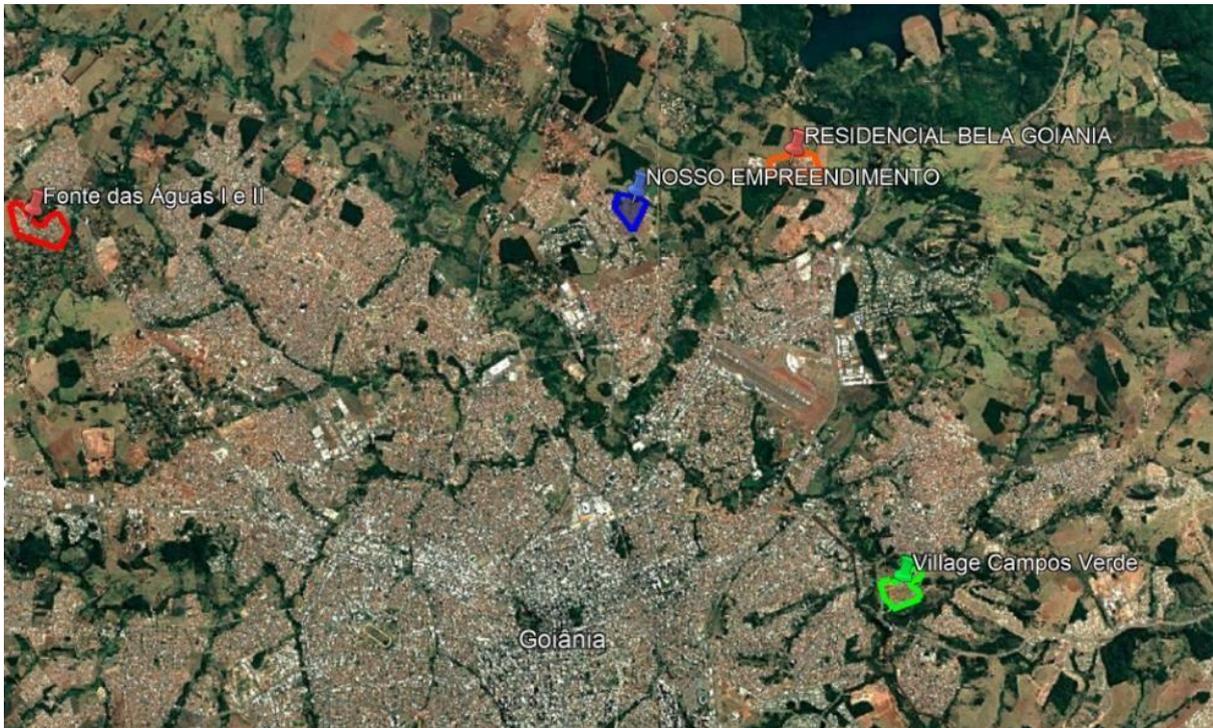
A partir da contratação de projetistas e levando em consideração estudos topográficos, sondagem do solo e o próprio Plano Diretor da cidade, consegue-se determinar qual o percentual de aproveitamento da área total, ou seja, quanto da área total pode ser loteada. Como, para esse estudo de caso, não foram feitos esses estudos, foi utilizado um levantamento considerando o banco de dados de uma empresa que atua no ramo. Esse levantamento demonstra que, em média, o percentual de aproveitamento da área total para loteamentos abertos gira em torno de 45 a 55%. Com isso, foi considerado, para esse estudo, um aproveitamento de 50% da área total. Logo, 188.582,50m² é o tamanho da área que pode ser loteada. Conceitualmente, essa é a Área Líquida Vendável (ALV) do empreendimento.

Confrontando a ALV do empreendimento com o Plano Diretor de Goiânia, que define o tamanho de lote mínimo de 270m², tem-se um total de 698 lotes possíveis serem executados no empreendimento.

Após a definição da quantidade de lotes a serem implantados, é necessário entender em quanto tempo esses lotes serão vendidos (velocidade de vendas), qual a forma de pagamento com que o cliente final poderá adquirir seu lote (tabela de vendas) e por quanto o lote será vendido (preço de venda do lote).

Para isso, faz-se uma pesquisa de mercado com produtos semelhantes na região. O empreendedor tem a opção de contratar uma empresa especializada nesse tipo de pesquisa. No caso do estudo deste trabalho, foi feito um levantamento a partir de ligações realizadas para corretores que trabalham com esse tipo de produto e foi levantadas informações a respeito dos concorrentes, conforme Anexo I. A localização dos concorrentes está indicada na Figura 03.

Figura 03: Localidade dos concorrentes



Fonte: Google Earth (2023)

A partir dessa análise de concorrência e pegando como referência a velocidade de vendas, tabelas de vendas e preço dos lotes dos concorrentes levantados, definiu-se, de maneira conservadora, que os 698 lotes serão vendidos em uma curva de vendas de 18 meses (conforme anexo II) em uma tabela PRICE 0,50% a.m. + IPCA com 5% de entrada e o saldo devedor em 180 meses. Os lotes serão vendidos a R\$ 500,00/m², ou seja, um preço de venda de R\$ 135.000,00. Com isso, a parcela do cliente final é de R\$ 1.082,25. Além disso, o Valor Geral de Vendas (VGV) do empreendimento é de R\$ 94.230.000,00.

3.3 DEFINIÇÃO DAS PREMISSAS DE CUSTOS E DESPESAS

Além das receitas (ativos), todo empreendimento imobiliário também tem seus passivos (custos e despesas). Os custos são representados pelos custos de aprovação, custos de obras e custos do terreno. As despesas são representadas pela taxa de administração e gestão do empreendimento, marketing, comissão e impostos

fiscais.

Para esse estudo, foram definidos os seguintes custos e despesas:

Custos de aprovação: Com base na base de dados da empresa do ramo mencionada, o custo de aprovação gira em torno de 1 a 2% do VGV. Para esse estudo de caso, foi considerado uma verba de 2% do VGV referentes à custos de aprovação, ou seja, R\$ 1.884.600,00. Também, foi projetada uma curva de aprovação de 36 meses, ou seja, 3 anos para término da aprovação (premissa pautada também no banco de dados da empresa mencionada);

Custo de obras: Como não tem projeto urbanístico aprovado, foi feito um orçamento de obras paramétrico. Para isso, um engenheiro orçamentista auxiliou a execução desse orçamento paramétrico, levantando os quantitativos e composições estimadas para o projeto em estudo (conforme Anexo III). Nesse orçamento paramétrico, chegou-se em um custo de obras de R\$ 117,60/m². Entretanto, para fins conservadores de viabilidade e sabendo que o custo de obra impacta significativamente nos resultados, considerou-se um custo de obras de R\$ 120,00/m². É importante ressaltar que esse custo é por m² de ALV (Área Líquida Vendável). Como são 188.582,50m² de ALV, o custo raso de obras é de R\$ 22.629.900,00. Foi projetado, também, uma curva de obras de 24 meses, respeitando o limite legal e comportando com o tamanho da operação. Já o custo total é de R\$ 23.632.884,00, visto que existe um custo também de pós-obras (após finalização das obras do empreendimento, o empreendedor tem que fazer a manutenção do empreendimento por mais 5 anos, antes de entregá-lo de fato para a Prefeitura. Essa manutenção do empreendimento é chamada de pós-obras, que tem um custo estimado em 4,50% do custo raso de obras (esse percentual foi obtido com base no banco de dados da empresa já mencionada);

Custos de terreno: Em grande parte dos empreendimentos imobiliários, as loteadoras e incorporadoras fazem uma negociação com o proprietário da área. Existem várias formas e modelos de negociação no mercado, mas, para esse estudo, foi considerado um modelo de permuta financeira, ou seja, o proprietário da área é sócio do empreendimento e, de acordo com o percentual negociado, recebe

mensalmente sua participação de acordo com o desempenho e com as vendas do empreendimento. Nesse estudo, foi considerado uma permuta financeira de 30% para o proprietário da área, ou seja, de todas as receitas que entram na conta bancária do empreendimento, 30% é destinado para o proprietário da área;

Despesas de taxa de administração: Para fazer a gestão de um empreendimento imobiliário, as loteadoras e incorporadoras contratam empresas para fazer toda a parte de gestão da carteira de recebíveis, cobrança e renegociação com os clientes, secretaria de vendas, entre outros serviços. Por ser uma taxa comum de mercado, levantou-se que essas empresas cobram de 5 a 10% do recebimento bruto para realizar esses serviços. Para esse estudo, foi considerado uma taxa de 7% sob o recebimento bruto;

Despesas de comissão: Para fazer toda a parte de vendas e coordenação comercial, contrata-se imobiliárias locais. Essas imobiliárias, por também ser uma prática de mercado, cobram 5% sobre o VGV vendido, taxa que também foi projetada para esse estudo;

Despesas de marketing: Caso a imobiliária contratada para fazer as vendas não tenha uma equipe de marketing, também é contratada uma empresa de marketing para ser responsável por toda a parte referente à estratégia de vendas, panfletagem, stand de vendas, branding e todas as ações referentes à marketing. Normalmente, também por ser uma premissa de mercado, as empresas que fazem esse serviço cobram de 1,50 a 2% sobre o VGV. Para esse estudo, foi considerado 2% de verba de marketing;

Despesas de impostos fiscais: Assim como qualquer outra empresa, o empreendimento também deve pagar impostos sobre toda e qualquer receita. Esses impostos, como IRPJ (Imposto sobre Renda das Pessoas Jurídicas), CSLL (Contribuição Social sobre o Lucro Líquido), Pis (Programa de Integração Social), Cofins (Contribuição para o Financiamento da Seguridade Social) e AIR (Adicional de Imposto de Renda), totalizam 6,73% do recebimento bruto, que foi considerado no estudo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Após verificação de todas as premissas e variáveis que compõem um estudo de viabilidade econômico-financeiro, tais premissas foram inseridas em um software de viabilidade que foi desenvolvido pela própria empresa loteadora mencionada. Automaticamente, o software gera uma planilha de Excel com todo o fluxo de caixa do empreendimento, contendo todas as linhas de entradas e saídas do início do empreendimento até o fim da sua vida.

A partir das mais de 260 linhas e mais de 21 mil células de Excel, é possível extrair os indicadores econômicos-financeiros que irão determinar se, financeiramente, o projeto é viável ou não. Para esse trabalho, os principais indicadores utilizados foram a Taxa Interna de Retorno (TIR) e Valor Presente Líquido (VPL).

Considerando as premissas informadas, a TIR do empreendimento é de 1,31% a.m. ou 16,95% a.a. Isoladamente, a TIR de um projeto não mostra se o projeto é viável ou não. É necessário comparar esse valor com a TMA (Taxa Mínima de Atratividade). Se for considerado como TMA a Taxa Selic de hoje (13,75% a.a), o projeto é viável. No caso desse estudo, a TMA considerada foi de 1,26% a.m. Logo, o projeto também é viável.

Como TIR e VPL são correlacionados e como a TIR é maior que a TMA, naturalmente o VPL da operação é positivo. No caso do estudo, o VPL é de R\$ 557.448,00, o que também é um indicador de que o projeto é viável. Os indicadores financeiros obtidos das premissas base estão demonstrados na Tabela 01, a seguir:

Tabela 01: Indicadores financeiros – Cenário Base

	Cenário Base
Velocidade de vendas	18 meses
TIR a.m (%)	1,31%
TIR a.a (%)	16,95%
Payback projeto (1,26% a.m)	115 meses
VPL (16,21% a.a)	R\$ 557.488,00
Resultado Acumulado	R\$ 50.611.548,00
Exposição	-R\$ 23.751.356,00
R\$ / m ²	R\$ 500,00

Fonte: Software de viabilidade

Entretanto, para maior conforto e segurança do empreendedor imobiliário, além do cenário base, ele também deve analisar qual o efeito que a variação das premissas projetadas pode gerar na sua rentabilidade final do projeto. Para esse estudo, foram feitos 8 cenários de sensibilidade, sendo 4 cenários variando uma premissa e 4 cenários variando outra premissa.

Como o maior impacto de resultados é baseado nos preços de venda dos lotes e no custo de obras do empreendimento, foi feito os cenários alterando essas duas premissas. Para cada uma das premissas, foi realizado um cenário mais otimista, otimista, pessimista e mais pessimista.

No caso do preço de venda, o cenário mais otimista considera um acréscimo de 10% do preço de venda base (R\$ 500,00/m²). O cenário otimista considera um acréscimo de 5% do preço de venda base. O cenário pessimista considera um desconto de 5% do preço de venda base e o cenário mais pessimista considera um desconto de 10% do preço de venda base.

Variando o preço de vendas, tem-se os seguintes cenários apontados na Tabela 02:

Tabela 02: Análise de cenários variando preço de venda

Preço de Venda	Otimista +	Otimista	Base	Pessimista	Pessimista +
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Velocidade de vendas	18 meses				
TIR a.m (%)	1,46%	1,39%	1,31%	1,24%	1,16%
TIR a.a (%)	18,95%	17,96%	16,95%	15,92%	14,86%
Payback projeto (1,26% a.m)	109 meses	112 meses	115 meses	118 meses	122 meses
VPL (16,21% a.a)	R\$ 2.109.608,00	R\$ 1.333.528,00	R\$ 557.488,00	-R\$ 218.659,00	-R\$ 995.042,00
Resultado Acumulado	R\$ 58.392.424,00	R\$ 54.501.986,00	R\$ 50.611.548,00	R\$ 46.720.610,00	R\$ 42.829.672,00
Exposição	-R\$ 23.589.600,00	-R\$ 23.670.478,00	-R\$ 23.751.356,00	-R\$ 23.832.234,00	-R\$ 23.913.612,00
R\$ / m ²	R\$ 550,00	R\$ 525,00	R\$ 500,00	R\$ 475,00	R\$ 450,00

Fonte: Software de viabilidade

Já para os custos de obras, o cenário mais otimista considera uma economia de 10% em relação ao custo de obra base (R\$ 120,00/m²). O cenário otimista considera uma economia de 5% em relação ao custo de obra base. O cenário pessimista considera um aumento do custo de obra em 5% e o mais pessimista, 10% de aumento em relação ao custo de obra base.

Variando o custo de obras, tem-se os seguintes cenários apontados na Tabela

03:

Tabela 03: Análise de cenários variando custo de obras

Custo de Obra	Otimista +	Otimista	Base	Pessimista	Pessimista +
	Cenário 1	Cenário 2	Cenário 3	Cenário 4	Cenário 5
Velocidade de obras	24 meses				
TIR a.m (%)	1,44%	1,38%	1,31%	1,25%	1,20%
TIR a.a (%)	18,79%	17,84%	16,95%	16,12%	15,33%
Payback projeto (1,26% a.m)	110 meses	112 meses	115 meses	117 meses	120 meses
VPL (16,21% a.a)	R\$ 1.821.337,00	R\$ 1.189.393,00	R\$ 557.488,00	-R\$ 74.496,00	-R\$ 706.440,00
Resultado Acumulado	R\$ 52.974.837,00	R\$ 51.793.193,00	R\$ 50.611.548,00	R\$ 49.429.904,00	R\$ 48.248.260,00
Exposição	-R\$ 21.514.298,00	-R\$ 22.632.827,00	-R\$ 23.751.356,00	-R\$ 24.869.886,00	-R\$ 25.988.415,00
Custo (obras)	R\$ 108,00	R\$ 114,00	R\$ 120,00	R\$ 126,00	R\$ 132,00

Fonte: Software de viabilidade

Pela análise das tabelas, percebe-se que o maior impacto nos resultados é gerado a partir da variação do preço de vendas dos lotes, visto que a maior e menor Taxa Interna de Retorno (TIR), bem como o maior e menor Valor Presente Líquido (VPL) se encontram nos cenários mais otimista e mais pessimista, respectivamente, quando se varia o preço de vendas.

Caso, por algum motivo, a projeção do preço de venda de R\$ 500,00 seja incorreta e os lotes sejam vendidos a R\$ 450,00/m², a TIR do projeto é de 1,16% a.m., ou seja, abaixo da TMA de 1,26% a.m. e, por consequência, o VPL do projeto é negativo de R\$ -995.042, o que mostra que o projeto não é viável. Caso o preço de venda seja de R\$ 550,00/m², o projeto fica com números mais confortáveis para o empreendedor, com uma TIR de 1,46% a.m. e um VPL positivo de R\$ 2.109.608,00.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O desafio do loteador e empreendedor imobiliário é muito grande. Além do lado social, o desenvolvimento imobiliário também deve ser pautado e pensado para que o empreendedor obtenha lucros e, conseqüentemente, realize mais projetos e impacte mais famílias e pessoas.

Para que o empreendedor tenha confiança e verifique se o projeto imobiliário é viável ou não, realize-se um estudo de viabilidade econômico-financeiro. Para esse estudo, é necessário fazer um embasamento de premissas e variáveis para que o

estudo se aproxime ao máximo da realidade futura do projeto.

Dessa viabilidade, extrai-se indicadores econômicos-financeiros que contribuem para a tomada de decisão dos empreendedores. De acordo com as premissas utilizadas, o projeto em estudo é viável para o empreendedor. O seu capital investido é rentabilizado à uma taxa de 1,31% a.m. e, como a TMA é de 1,26% a.m., o VPL da operação é positivo.

6. REFERÊNCIAS

AMADEI, Vicente de Abreu. Como lotear uma gleba: o parcelamento do solo urbano em seus aspectos essenciais. Millennium, Ed. 4, São Paulo, 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 6023:** informação e documentação: referências. Rio de Janeiro: 2018. p. 74. Disponível em <<https://www.ufpe.br/documents/40070/1837975/ABNT+NBR+6023+2018+%281%29.pdf/3021f721-5be8-4e6d-951b-fa354dc490ed>>, acesso em 03/05/2023

BALARINE, Oscar Fernando Osorio. O uso de análise de investimentos em incorporações imobiliárias. PUCRS, Revista Produção, V. 14, N.2, 2004. Disponível em <<https://www.scielo.br/j/prod/a/6tJN4p8wkQPcVNTgSSRXm8F/?format=pdf&lang=pt>>, acesso 10/05/2023

BORGES, Leandro. Como e Por Que Fazer um Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira. 2013, acesso em 05/05/2023

BRUGGMANN, Cristiane. Estudo de viabilidade econômica – financeira de um empreendimento de habitações do programa minha casa minha vida. Disponível em <<https://repositorio.animaeducacao.com.br/bitstream/ANIMA/8805/4/TCC-%20Cristiane%20Bruggmann%20.pdf>>, acesso 05/05/2023

COZAK, Luiz Fernando. Estudo de Viabilidade Econômico-Financeira. In: AMADEI, Vicente Celeste. AMADEI, Vicente de Abreu. Como Lotear uma Gleba: O Parcelamento do Solo Urbano em seus Aspectos Essenciais (Loteamento e Desmembramento). 4. Ed. Campinas: Millennium Editora, 2014

HILLEBRANDT, Patricia M. Economic Theory and the construction industry. Editon Second, 1985. HIRSCHFELD, H. Engenharia Econômica e Análise de Custos. 7. Ed. São Paulo: Atlas, 2000.

LAPONNI, Juan Carlos. Projetos de Investimento na empresa. Rio de Janeiro: Elsevier, 2007.

Lei Complementar N° 363. Parcelamento de solo para fins urbanos, suas modificações e a unificação de imóveis, situados na Macrozona Construída do Município de Goiânia. Janeiro de 2023. Disponível em <<https://leismunicipais.com.br/a/go/g/goiania/lei-complementar/2023/37/363/lei-complementar-n-363-2023-dispoe-sobre-o-parcelamento-do-solo-para-fins-urbanos-suas-modificacoes-e-a-unificacao-de-imoveis-situados-na-macrozona-construida-do-municipio-de-goiania>>, acesso 15/05/2023

MALLMANN, Roberta. Análise da viabilidade de um empreendimento de produção musical. Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, Rio Grande do Sul, 2012. Disponível em <<https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/1024/TCC%20VE>>

RSAO%20 FINAL.pdf?sequence=1 >, acesso 03/05/2023

LIMA JÚNIOR, João da Rocha. Decidir sobre Investimentos no Setor da Construção Civil. Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP, São Paulo, BT/PPC/200, 1998.

PRATES, Wladimir Ribeiro. Estudo de Viabilidade Econômica e Financeira de um Projeto de Investimento..2017.

SAMANEZ, Carlos Patricio. Engenharia Econômica. São Paulo: Person Prentice Hall, 2009.

SOUZA. Carlos Alberto, ROCHA. Eduardo Galliac, DALFIOR. Vanda Aparecida. Estudo de viabilidade econômica financeira caso modelo – edificação em São João Del Rei – Minas Gerais. XII SEGET. Disponível em < <https://www.aedb.br/seget/arquivos/artigos16/862458.pdf>>, acesso 05/05/2023

ANEXO I – ANÁLISE DE CONCORRÊNCIA

EMPREENDIMENTO	QUANT. LOTES	ESTOQUE	% ESTOQUE	AREA M ²	DATA DO LANÇAMENTO	VALOR LOTE R\$	VALOR/M ²	TABELA	% PRICE	% GRADIENTE
Nosso Empreendimento	698	698	100%	270	x	R\$ 135.000,00	R\$ 500,00	PRICE	0,50%	0,00%
Residencial Bela Goiania	800	150	19%	270	22/06/2014	R\$ 174.000,00	R\$ 644,44	PRICE	0,00%	0,50%
Village Campos Verder	725	214	30%	270	10/05/2016	R\$ 172.000,00	R\$ 637,04	PRICE	0,60%	0,00%
Fonte das Aguas 1	260	5	2%	360	08/04/2011	R\$ 110.000,00	R\$ 305,56	PRICE	0,60%	0,00%
Fonte das Aguas 2	456	185	41%	360	08/04/2011	R\$ 135.000,00	R\$ 375,00	PRICE	0,60%	0,00%

EMPREENDIMENTO	ENTRADA			PARCELAS				QUANT.	Base Sal. Cliente
	%	VALOR	QUANT.	%	TOTAL	PARCELA INICIAL	PARCELA FINAL		
Nosso Empreendimento	5,0%	R\$ 6.750,00	1	95,00%	R\$ 128.250,00	R\$ 1.082,25	R\$ 1.082,25	180	R\$ 3.246,74
Residencial Bela Goiania	3,0%	R\$ 5.220,00	2	97,00%	R\$ 168.780,00	R\$ 703,25	R\$ 2.327,90	240	R\$ 6.983,70
Village Campos Verder	5,0%	R\$ 8.600,00	2	95,00%	R\$ 163.400,00	R\$ 1.487,02	R\$ 1.487,02	180	R\$ 4.461,05
Fonte das Aguas 1	4,0%	R\$ 4.400,00	2	96,00%	R\$ 105.600,00	R\$ 831,44	R\$ 831,44	240	R\$ 2.494,32
Fonte das Aguas 2	4,0%	R\$ 5.400,00	2	96,00%	R\$ 129.600,00	R\$ 1.020,40	R\$ 1.020,40	240	R\$ 3.061,21

ANEXO II – CURVA DE VENDAS DE 18 MESES

18 meses	
1	30,00%
2	12,00%
3	8,00%
4	5,00%
5	5,00%
6	5,00%
7	4,00%
8	4,00%
9	4,00%
10	4,00%
11	3,00%
12	3,00%
13	3,00%
14	2,00%
15	2,00%
16	2,00%
17	2,00%
18	2,00%

ANEXO III – ORÇAMENTO PARAMÉTRICO DE OBRAS

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO		TOTAL
				UNITÁRIO		
1	LOTEAMENTO					
1.1	TERRAPLENAGEM E CONTENÇÕES					
1.1.1	LIMPEZA DA CAMADA VEGETAL	m²	188.582,50	R\$ 0,25	R\$	47.212,96
1.1.2	CARGA LIMPEZA	m²	37.716,50	R\$ 5,74	R\$	216.519,46
	Nível Terraplenagem	1	0,50			
1.1.3	ESCAVAÇÃO E TRANSPORTE	m³	94.291,25	R\$ 9,21	R\$	868.737,97
1.1.4	COMPACTAÇÃO DE ATERRO	m²	80.147,56	R\$ 8,75	R\$	700.952,74
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m²	77.004,52	R\$ 23,81		1.833.423,12
1.2	PAVIMENTAÇÃO					
1.2.1	PREPARO E MELHORIA DE SUBLEITO - 100% PROCTOR NORMAL	m²	87.785,15	R\$ 5,07	R\$	444.949,25
1.2.2	SUB-BASE EST. GRAN. PROCT INTERM	m²	10.534,22	R\$ 23,85	R\$	251.190,83
1.2.3	BASE EST. GRAN. PROCT INTERM COM BICA CORRIDA	m²	13.167,77	R\$ 24,10	R\$	317.355,52
	Compisição da Base	CASCALHO POSTO EM OBRA				
1.2.4		m²	30.812,59	R\$ 19,43	R\$	598.617,92
	Revestimento	REVESTIMENTO CBUQ 3 cm				
1.2.5	IMPRIMADURA IMPERMEABILIZANTE	m²	77.004,52	R\$ 8,00	R\$	615.896,09
1.2.6	IMPRIMADURA LIGANTE	m²	77.004,52	R\$ 2,87	R\$	220.873,08
1.2.7	REVESTIMENTO CBUQ 3 cm	m²	77.004,52	R\$ 50,90	R\$	3.919.551,65
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m²	77.004,52			6.368.434,35

Continua

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO		TOTAL
				UNITÁRIO		
1.3	SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS					
1.3.1	SISTEMA DE DRENAGEM DE ÁGUAS PLUVIAIS	m	77.004,52	R\$ 45,06	R\$	3.470.152,25
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m	77.004,52	R\$ 45,06		3.470.152,25
1.4	SISTEMA DE ABASTECIMENTO DE ÁGUA POTÁVEL					
1.4.1	Redes distribuição de água	m	19.801,16	R\$ 60,09	R\$	1.189.766,49
1.4.2	Reservatório	VB	1,00	R\$ 713.191,50	R\$	713.191,50
1.4.3	Poços	VB		R\$ 200.285,63	R\$	-
1.4.4	EEAT	VB	1,00	R\$ 150.214,22	R\$	150.214,22
1.4.5	Adutora de água	M	200,00	R\$ 200,29	R\$	40.057,13
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m	77.004,52	R\$ 27,18		2.093.229,33
1.5	SISTEMA DE ESGOTO SANITÁRIO	<input type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não		FALSO		FALSO
1.5.1	Redes de coleta de esgoto	m	17.601,03	R\$ 120,17		2.115.140,42
1.5.2	Estação Elevatória de Esgoto	unid	0,00	R\$ 600.856,89		-
1.5.3	Linha de Recalque	m	0,00	R\$ 200,29		-
1.5.4	Emissário	m	500,00	R\$ 200,29		100.142,81
1.5.5	Melhoria no sistema existente (Considerar valor pa	vb		R\$ -		-
1.5.6	ETE	VB		R\$ 698.996,85		-
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m	77.004,52	R\$ 28,77		2.215.283,24
1.6	GUIAS E SARJETA	CONCRETO GUIA MFC-01				
1.6.1	GUIAS E SARJETAS MDO	m	22.001,29	R\$ 15,10		332.160,74
1.6.2	Concreto Fck=20Mpa p/ Sarjeta	m	22.001,29	R\$ 28,30		622.585,77
	CUSTO POR METRO DE GUIA	m	22.001,29	43,39502092		954.746,51
1.7	REDE ELÉTRICA					
1.7.1	CUSTO POR POSTE	poste	314,00	9.012,85		2.830.035,94
1.7.2	LIGAÇÃO DE ENERGIA	vb	1,00	35.000,00		35.000,00
	CUSTO POR POSTE	un	314,00	R\$ 9.124,32		2.865.035,94
1.8	PAISAGISMO / ÁREA VERDE					
1.8.1	Custo com paisagismo	%	100,00%	200.285,63		200.285,63
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m	77.004,52	R\$ 2,60		200.285,63
1.9	SINALIZAÇÃO					
1.9.1	CUSTO POR EXTENSÃO VIÁRIA	m	77.004,52	R\$ 1,30		100.105,88
	CUSTO POR ÁREA DE PAVIMENTO	m	77.004,52	R\$ 1,30		100.105,88

ITEM	DISCRIMINAÇÃO	UNIDADE	QUANTIDADE	CUSTO	TOTAL
				UNITÁRIO	
2	CONTRAPARTIDA				
2.1	CONTRAPARTIDAS	vb	0%	R\$ 22.176.426,20	R\$ -
TOTAL CONTRAPARTIDA					-
3	MATRIZ DE RISCO				
3.1	RISCOS	vb	0%	R\$ 22.176.426,20	R\$ -
TOTAL RISCOS					-
CUSTO TOTAL					22.176.426,20

LOTEAMENTO	M2	R\$	117,60
CP	M2	R\$	-
RISCO	M2	R\$	-
	TOTAL	R\$	117,60

SEGURANÇA DO TRABALHO E PROTOCOLOS DE SEGURANÇA NA INSTALAÇÃO DE SISTEMAS FOTOVOLTAICOS CONECTADOS À REDE

WORK SAFETY AND SAFETY PROTOCOLS IN THE INSTALLATION OF GRID-CONNECTED PHOTOVOLTAIC SYSTEMS

SANTANA, Jeferson dos Santos ¹; SOUSA, Müller Jânio Silva ²; BARBOSA, Thais Gabriella
Sousa ³; SANTOS, Welisvaldo Vieira dos ⁴; PAIXÃO, Julliana
Nazareth Vieira da ⁵

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar e apresentar um estudo sobre a implementação dos protocolos de segurança do trabalho para as atividades de instalação de SFVCR numa empresa de instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede que está instalada em Goiânia – GO. Por meio de uma pesquisa científica aplicada e exploratória, foram realizadas observações *in loco* no ambiente de trabalho para avaliar as condições de segurança e saúde dos trabalhadores e feito um levantamento utilizando registros fotográficos. A partir das observações e informações obtidas, ficou evidente a ausência do cumprimento dos protocolos de segurança e inconformidades no processo de instalação dos sistemas fotovoltaicos. Deve-se desenvolver um plano de ações com a finalidade de mitigar e controlar os riscos, conforme proposto em tabela de avaliação das atividades.

Palavras-chaves: Protocolos de segurança do trabalho. Sistemas fotovoltaicos. Normas regulamentadoras. Saúde dos trabalhadores. Plano de ações.

ABSTRACT

The present work aims to analyze and present a study on the implementation of work safety protocols for the installation activities of SFVCR in a company that installs photovoltaic systems connected to the grid that is installed in Goiânia - GO. Through an applied and exploratory scientific research, observations were carried out in loco in the work environment to assess the health and safety conditions of workers and a survey was carried out using photographic records. From the observations and information obtained, it was evident the lack of compliance with safety protocols and nonconformities in the installation process of photovoltaic systems. An action plan must be developed in order to mitigate and control risks, as proposed in the activity evaluation table.

Keywords: Occupational safety protocols. Photovoltaic systems. Regulatory norms. Workers health. Action plan.

¹ Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* jefersondocdoc@gmail.com

² Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* mullerjanios@gmail.com

³ Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* ella.thaiss@gmail.com

⁴ Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* wellisvaldo@gmail.com

⁵ Professora orientadora Graduada em Engenharia de Produção pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2005); Pós-graduada em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Pontifícia Universidade Católica de Goiás (2010); MBA em Gestão de Projeto pelo Instituto de Pós-Graduação - IPOG (2014); Mestre em Engenharia Química pela UFG (2018). *E-mail:* julliana.paixao@facunicamps.edu.br

1. INTRODUÇÃO

Ao longo da história, os processos produtivos passaram por grandes transformações, houve uma época em que a manufatura era predominante, e os meios para realização do trabalho eram feitos de modo manual, apenas no ano 1750, meados do século XVIII, caracterizado também pela primeira Revolução Industrial que foi inserida a primeira máquina, uma lançadeira criada por John Kay em 1733, que era uma espécie de volante para tear.

No século XIX e XX, houve a divisão e organização do trabalho pós primeira revolução industrial, a partir daí foi se introduzindo a denominada maquinofatura que é a inserção de máquinas no chão de fábrica a fim de potencializar o capitalismo.

De acordo com Chagas (2020), a industrialização criou formas, hierarquias organizacionais, jornadas e escalas de trabalho além do controle e tempo de execução das atividades que estão evidentes até os dias atuais. Por abranger várias vertentes diferentes, aumenta-se o interesse pelo estudo das condições com que se realiza o trabalho e seus processos. Em 1919, foi criada a OIT (Organização Internacional do Trabalho). No Brasil, nesse mesmo ano, por meio da lei de nº 3724, surgiram as primeiras regulamentações sobre acidentes de trabalho no País.

A partir daí foram sendo criadas algumas entidades, órgãos, normas e leis trabalhistas, como a CLT - Consolidação das Leis do Trabalho (1943). Em 1977, por meio da lei nº 6.514, foram criadas as (NRs) Normas Regulamentadoras.

Segundo Chagas (2020), “a Segurança do Trabalho é a ciência, que atua na prevenção dos acidentes de trabalho decorrentes dos fatores de riscos ocupacionais”. A SST - Saúde e Segurança do Trabalho - é formada por um conjunto de normas e meios legais que exigem das empresas e organizações, além dos colaboradores o cumprimento de medidas que venham garantir a integridade física do trabalhador, contra eventuais doenças ocupacionais. Dados do Observatório Brasileiro de Segurança no Trabalho apontam que, o período entre 2012 e 2022, foram notificados 6.774.543 acidentes, sendo que as lesões mais frequentes são: 15,89% corte, laceração, ferida contusa e punctura. 13,78% corresponde a fratura. 11,17% contusão, esmagamento (superfície cutânea I). 6,84% Distensão e torção. 6,55% Lesão Imediata (Nic). O número de óbitos é de 25.492 o que corresponde a 0,38% do total de acidentes notificados neste período. O observatório é atualizado em tempo real e fornece informações com o intuito de subsidiar políticas públicas de prevenção de acidentes e doenças do trabalho.

Nessa perspectiva, diante do enorme número de acidentes que ocorrem no ambiente de trabalho, percebe-se a necessidade de se avaliar os efeitos da aplicação na prática das normas voltadas para a segurança e saúde do trabalhador, mais especificamente será realizado uma pesquisa em uma empresa de instalação de sistemas fotovoltaicos instalada na cidade de Goiânia – GO.

Portanto, indaga-se: Como são implementadas as normas de segurança do trabalho na instalação de um SFVCR na cidade de Goiânia, tem se cumprido as normas e regulamentações?

Para isso, o objetivo Geral da presente pesquisa é analisar os protocolos de segurança do trabalho para as atividades de instalação de SFVCR numa empresa em Goiânia. Para tanto, foram delineados os seguintes objetivos específicos: desenvolver uma pesquisa sobre a instalação de SFVCR, realizar o levantamento das Normas Regulamentadoras condicionadas a SFVCR e analisar a aplicabilidade das Normas Regulamentadoras na SFVCR na cidade de Goiânia.

As empresas se estruturam de forma a otimizar a produção e potencializar seus lucros, investindo em maquinários e recursos humanos. Há nos processos produtivos uma nítida interface homem máquina, nesse ínterim, esta pesquisa busca avaliar e compreender como se dá o processo de implementação e realização das práticas de aplicação das normas de saúde e segurança do trabalho em uma empresa de instalação de equipamentos e dispositivos fotovoltaicos.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. A evolução da segurança do trabalho

A segurança do trabalho é um campo de estudo que evoluiu ao longo do tempo, com o objetivo de garantir que os trabalhadores tenham um local de trabalho seguro e saudável. Dessa forma, a segurança do trabalho visa minimizar os riscos ocupacionais, acidentes e tem o intuito de proteger a integridade e capacidade do profissional (PEIXOTO, 2011; VIEIRA; BRAHAN, 2020).

De acordo com perspectiva legal, um acidente de trabalho é caracterizado quando um colaborador reduz ou perde sua capacidade de trabalho, de forma temporária, definitiva ou até mesmo quando morrem, assim sendo, os estudos tem como objetivo prevenir as ocorrências e ou fatalidades em um ambiente de trabalho. São inúmeras as situações de risco passivo que pode originar acidente no local de trabalho, logo, é essencial para a prevenção que os fatores de

risco sejam incluídos em todas as tarefas e operações processuais (SALIBA; DE FREITAS LANZA, 2019).

Segundo Barbosa (2018), os índices de acidentes e doenças estão aumentando de forma exponencial, pode-se concluir que é absolutamente necessário manter um ambiente seguro e protegido tanto para o empregado quanto para o empregador, garantindo seu bem-estar físico, mental e financeiro.

Segundo Manus (2015), a Tabela 1 apresenta a evolução da segurança do trabalho ao longo das 4 grandes Revoluções Industriais.

Tabela 1: Segurança do Trabalho nas 4 Revoluções Industriais.

1º Revolução Industrial (XVIII)	As condições de trabalho eram insalubres e perigosas, sendo, 80 horas de trabalho semanais para suprir a grande escala de produção. O grande marco foi o surgimento do Direito do Trabalho, como por exemplo, a diminuição da carga horária semanal e a proibição de menores/ mulheres na linha de produção.
2º Revolução Industrial (XIX)	A segurança do trabalho começou a ser considerada uma questão importante, e as primeiras leis de segurança do trabalho foram promulgadas. A ênfase estava na prevenção de acidentes, e foram criadas medidas de proteção como equipamentos de proteção individual (EPI) e procedimentos de segurança.
3º Revolução Industrial (XX)	A segurança do trabalho passou a ser vista como uma responsabilidade das empresas e dos governos. As leis foram aprimoradas e se tornaram mais rigorosas, e foram criadas agências governamentais para regulamentar a segurança do trabalho. A gestão de segurança do trabalho também passou a ser um aspecto importante da administração de empresas.
4º Revolução Industrial (ATUAL)	Na atualidade, a segurança do trabalho é vista como uma questão de saúde ocupacional. A ênfase está na prevenção de doenças relacionadas ao trabalho e na promoção da saúde e do bem-estar dos trabalhadores. A gestão de segurança do trabalho envolve a identificação de riscos e a implementação de medidas preventivas, bem como a educação e treinamento dos trabalhadores para evitar acidentes e doenças no ambiente de trabalho.

Fonte: Adaptado Manus (2023).

2.2. Sistemas fotovoltaicos conectados à Rede

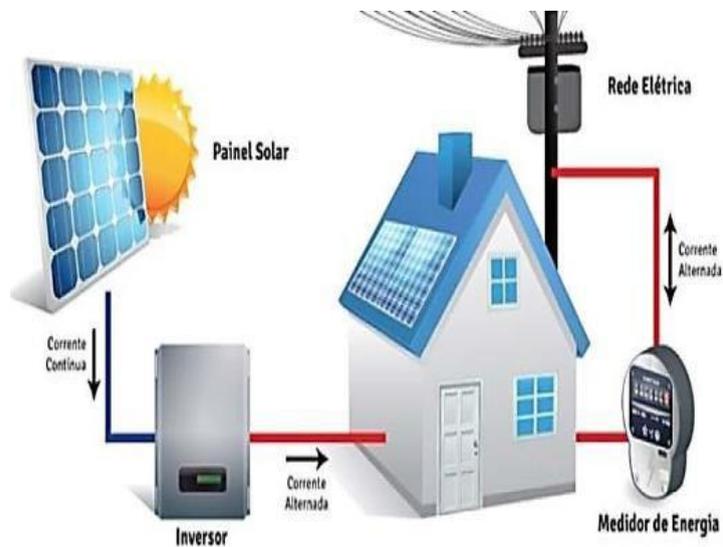
A energia solar é um tipo de energia renovável, que utiliza os raios solares para sua produção. Por outro lado, a energia solar fotovoltaica se refere a um tipo de energia solar específica que pode ser obtida através do processo que faz a conversão de radiação solar em energia elétrica por meio do efeito fotovoltaico (NEOSOLAR, 2022).

A energia produzida por sistemas fotovoltaicos é a maior e mais segura fonte de energia renovável da humanidade, produzindo eletricidade limpa com impacto ambiental mínimo e alta disponibilidade. Segundo Sultherm (2022), a palavra “foto-voltaica” possui origem grega, sendo constituída por duas palavras, foto que significa “luz”, e “volt”, é a unidade da força eletromotriz.

Os sistemas fotovoltaicos podem ser divididos em isolados ou distribuídos. No Sistema Fotovoltaico Isolado (SFVI), é necessária a utilização de baterias para armazenar a energia produzida, enquanto no Sistema Fotovoltaico Conectado à Rede (SFVCR) possui um eixo inversor conectado diretamente a uma rede elétrica sem uso de baterias. Ao funcionar de forma conjunta com a rede elétrica, reduz ou elimina o consumo da rede pública, ademais, produzindo uma reserva de energia, podendo ser acumulada (VILLALVA, 2015).

A Figura 1, demonstra o arranjo da associação de equipamentos para o SFVCR.

Figura 1: Gerador Solar Fotovoltaico Conectado à rede.



Fonte: Togawa Engenharia (2018).

Os painéis solares absorvem a luz solar e convertem em energia elétrica de corrente contínua (CC), a CC é conduzida para o inversor e será transformada em corrente alternada

(CA). Essa energia CA pode ser utilizada diretamente pelos consumidores para alimentar seus equipamentos eletrônicos ou injetá-la na rede elétrica (JMSSOLAR, 2022).

Por fim, a eficiência e a segurança dos sistemas fotovoltaicos conectados à rede, segundo a lei 2427/96, dependem do cumprimento de normas técnicas e orientações do órgão regulador Agência Nacional de Energia Elétrica (ANEEL) (MIRANDA, 2022). Aconselha-se também que os sistemas sejam instalados por profissionais qualificados e que as empresas responsáveis pelo fornecimento e instalação dos sistemas ofereçam garantia e suporte técnico aos seus clientes.

2.3. Normativas e técnicas regulamentadoras na instalação de sistemas fotovoltaicos

As Normas Regulamentadoras (NR) relacionadas à segurança e medicina do trabalho são elaboradas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, que são obrigatórias nas empresas de segmento público, privado e órgãos públicos de administração direta ou indireta, tendo como objetivo a proteção da capacidade, integridade e saúde do trabalhador, sendo assegurados pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT (ATLAS, 2017).

2.3.1. NR 10 e NBR 5410

As Normas Técnicas e Regulamentadoras NR 10 e a NBR 5410 são importantes para a segurança do trabalho com eletricidade. Conforme determina o MTE a NR 10, se aplica em trabalhos que envolvam eletricidade seja de forma direta ou indireta, sendo aplicável às fases de geração, transmissão, distribuição e consumo também rege projetos, manutenção, operação e montagem das instalações elétricas, sendo assim, estabelece requisitos e condições mínimas para a segurança e saúde dos colaboradores (BRASIL, 2019).

Nesse contexto, o princípio básico é claro, garantir a segurança de todos os trabalhadores que trabalham com instalações elétricas e serviços que consomem energia elétrica, independente das regras da atividade laboral.

Em termos de instalações elétricas, a NR 10 estabelece princípios gerais de segurança (caráter compulsório), mas dependendo do ambiente de aplicação, alguns documentos complementares, como a NBR 5410 da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) que trata as instalações elétricas de baixa tensão (até 1kV em CA ou 1,5kV em CC) e a NBR 14039 para instalações elétricas de média tensão (1kV até 36,2kV), também podem ser aplicáveis (CRUZ, 2022).

De acordo com a NR 10 descrita no MTE, todas as ações de manutenção no setor elétrico devem priorizar o trabalho com circuitos desenergizados (BRASIL, 2019). No entanto, alguns cuidados devem ser tomados para evitar a reenergização acidental do circuito, como circuitos paralelos, eletricidade indutiva (eletromagnética) e a sinalização insuficiente que alerta para falta de energização da linha e funcionamento em condições climáticas adversas (incidência de interrupções) (CRUZ, 2022).

2.3.1.1 Choque elétrico

Choque elétrico é um fenômeno provocado pelo fluxo de corrente elétrica em movimento circular através do corpo humano como resultado da diferença de potencial (ddp) entre o condutor e o elemento energizado. Em outras palavras, o corpo humano se torna um condutor de eletricidade.

A intensidade da corrente elétrica (medida em ampères ou por miliampères), bem como a magnitude do choque elétrico, determinarão a diferença de potencial (tensor), assim como a reduzida resistência do corpo à terra (KURATA, 2016; DOS SANTOS, 2013).

Segundo Júnior (2023), quando a corrente flui através do corpo humano, gera efeitos como: formigamento leve, dor, espasmos musculares, alterações na frequência cardíaca, insuficiência respiratória, queimadura e morte, ademais, a lesão acontece porque o movimento muscular e a transmissão do sinal nervoso acontecem através da passagem de pequenas correntes elétricas.

Alguns fatores determinam a gravidade de um choque elétrico, que são: a intensidade da corrente elétrica, o percurso da corrente elétrica, a duração da corrente elétrica e a frequência da corrente elétrica (DOS SANTOS, 2013).

2.3.1.2 Arco elétrico

Quando uma corrente elétrica rompe uma barreira dielétrica em um meio isolante, incluindo seções de condutores que não estão em contato direto é o fenômeno conhecido como arco elétrico, ademais, eles normalmente duram apenas algumas horas e transformam energia elétrica em energia luminosa, acústica e térmica (CAMPOS, 2016).

Para Mardegan e Parise (2018), o arco elétrico pode ocorrer quando o isolamento de um ponto energizado à terra, à estrutura física de um dispositivo ou outra fase é rompida, além disso, pode ocorrer quando a corrente é interrompida pela desconexão de dois terminais energizados de uma carga, sobrecarga ou circuito de falha.

2.3.2 NR 35 E NBR 16325

O objetivo da norma NR 35 que foi introduzida em março de 2012, e atualizada pela Portaria MTE nº 915 em 30 de julho de 2019, está relacionada a atividades que são realizadas em altura de forma direta ou indireta, sendo primordial para garantir proteger a saúde dos colaboradores. Ele descreve os requisitos mínimos e as precauções de segurança para trabalhos em altura, incluindo planejamento, organização e execução de tarefas (BRASIL, 2019). A norma estabelece que existe um risco de queda em qualquer atividade executada acima de 2 metros do nível anterior.

A ABNT (2014), norma NBR 16325 regulamenta os dispositivos de ancoragem, que são locais onde se pode levar ou guardar equipamentos de segurança contra incêndio (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS, 2014). As recomendações da NR 35 devem ser seguidas para instalação de sistemas fotovoltaicos em edificações; caso contrário, um instalador pode realizar a tarefa de forma acidental ou descuidada, desrespeitando as instruções da norma.

Os principais fatores que levam a quedas no local de trabalho são: a ausência de guarda-costas; a perda de equilíbrio; passo em falso; uso de escada, ralos e táticas questionáveis, trabalhador inapto para a atividade devido a condições físicas ou efeitos de substâncias. (MENDES, 2013).

Para trabalhos que envolvam manuseio de painéis de distribuição, instalação de cabos condutores de correntes ou outras atividades de energia elétrica, não utilizar escadas ou andaimes de metal. Além disso, os trabalhos devem ser feitos por pessoas qualificadas que se submeteram a testes teóricos e práticos (MENDES; SOUZA, 2021).

2.3.3 NR 18

A NR 18 trata das condições do trabalho na área da construção civil, sendo capaz de introduzir as precauções de segurança para os ambientes, assim, tem como propósito determinar instruções de gestão, como por exemplo o planejamento, gerenciamento de riscos e outros (BRASIL, 2021). Abrange também trabalhos de demolição, escavação, fundações, estruturas metálicas, soldagem instalações elétricas, movimentação e transporte de materiais e pessoas, sinalização de segurança etc (GIZONI; MARCO, 2018).

Segundo a NR 18, o Programa de Gerenciamento de Riscos (PGR) é uma prática obrigatória em canteiros de obras. Ela tem o objetivo de prever os riscos ocupacionais e traçar as medidas preventivas para os mesmos. O PGR é um trabalho realizado por um profissional qualificado em segurança do trabalho e executado sob responsabilidade da empresa (BRASIL,

2021). O Anexo 1 mostra, conforme a Norma Regulamentadora 18, quais são as medidas que devem ser tomadas para evitar acidentes de trabalho, dessa forma, garantindo a segurança no local de trabalho.

2.3.4 Uso de equipamentos de proteção individual e coletiva

A NR 6 trata da regulação de equipamentos de proteção individual (EPI), ou seja, dispositivos de uso pessoal do empregado a fim de prevenir acidentes de trabalho. A norma também assegura que esses equipamentos devem ser entregues em perfeitas condições para a máxima eficácia (GIZONI; MARCO, 2018).

Conforme a Portaria 3217/78 da Secretaria de Segurança e Saúde no Trabalho do Ministério do Trabalho, a NR 6 aborda direitos e deveres aos colaboradores e contratantes. Sendo assim, cabe ao contratante:

- Observar e fazer cumprir as disposições das leis e regulamentos sobre segurança e saúde ocupacional;
- Fornecer gratuitamente aos funcionários EPI adequado ao risco, completo e funcional;
- Uso obrigatório de EPI;
- Substituir imediatamente um EPI danificado ou perdido;
- Higienizar e fazer manutenção periódica nos EPIs.

Por fim, cabe ao colaborador:

- Cumprir as normas de segurança do trabalho;
- Utilizar o EPI fornecido pela empresa, apenas no local de trabalho;
- Responsabilidade pelo armazenamento seguro e prevenção;
- Avisar a área de segurança pessoalmente ou através do seu encarregado caso o EPI não seja mais adequado para utilização (BRASIL, 2022).

De acordo com o regulamento, também é responsabilidade do empregador manter os registros da entrega de equipamentos de proteção individual e uniformes aos funcionários. Isso requer o uso de arquivos, livros ou sistemas eletrônicos contendo informações importantes, como nomes de empresas, nomes de funcionários, cargos, datas e outros (PEINADO, 2019). É importante ressaltar que o Equipamento de Proteção Coletiva (EPC) como dispositivo ou

sistema de uso coletivo destinado a proteger a integridade física e a saúde dos trabalhadores, como por exemplo, a sinalização de escadas, corrimões etc. (RESENDE, 2019).

O formulário de EPI pode ser apresentado como uma declaração a ser lida e assinada pelo empregado sobre o fornecimento gratuito do EPI e o treinamento sobre seu uso, além de assumir responsabilidade pelo equipamento e a utilização de forma correta do mesmo. O empregador deve garantir a assinatura do funcionário na declaração assim que receber o EPI (PEINADO, 2019).

Segundo a NR 6, são diversos dispositivos que podem estar associados a um ou mais riscos que colocam a saúde e segurança dos trabalhadores em perigo. Esses equipamentos só podem ser vendidos com o certificado de registro emitido pela autoridade nacional competente (BRASIL, 2022).

Os EPIs, segundo a Norma Regulamentadora 6 (2022), são:

- a) Proteção da cabeça: capacete e capuz;
- b) Proteção olhos e face: óculos, protetor facial e máscara de solda;
- c) Proteção auditiva: protetor auditivo;
- d) Proteção respiratória: respirador purificador de ar motorizado ou não motorizado, respirador de adução de ar tipo linha de ar comprimido ou máscara autônoma, respirador de fuga;
- e) Proteção do tronco: vestimentas, colete a prova de balas;
- f) Proteção dos membros superiores: luvas, creme protetor contra agentes químicos, mangas, braçadeiras e dedeira;
- g) Proteção dos membros inferiores: calçados, meia para proteção dos pés contra baixas temperaturas, perneira e calça.
- h) Proteção do corpo inteiro: macacão e vestimenta de corpo inteiro;
- i) Proteção contra quedas: cinturão de segurança com talabarte.

Já os EPC são: sinalização (cones, placas e outros), iluminação de emergência, cavaletes, sensores de presença, sistema de combate a incêndio e corrimões.

3. METODOLOGIA

A metodologia é a parte do trabalho científico que descreve os métodos e técnicas utilizados para a coleta, análise e interpretação dos dados. É um conjunto de procedimentos sistemáticos que permitem que o pesquisador alcance seus objetivos de maneira organizada e rigorosa. Segundo Gil (2017), a elaboração de um projeto de pesquisa envolve a definição da metodologia que será utilizada, bem como a escolha dos instrumentos de coleta de dados e dos procedimentos analíticos.

Lakatos e Marconi (2017) destacam a importância da metodologia científica para a produção do conhecimento. Segundo as autoras, a escolha de uma metodologia adequada é essencial para a realização de uma pesquisa rigorosa e confiável. A metodologia científica inclui a descrição dos procedimentos adotados para a coleta de dados, a seleção dos participantes da pesquisa, a análise dos resultados e a discussão das conclusões. Dessa forma, a metodologia é um aspecto crucial de qualquer trabalho científico, que deve ser abordado de forma clara e detalhada para que o leitor possa compreender a lógica do estudo e avaliar a qualidade dos resultados obtidos.

A metodologia adotada para este trabalho de conclusão de curso foi uma pesquisa científica aplicada e exploratória com o objetivo de avaliar os protocolos de segurança na instalação de sistemas fotovoltaicos conectados à rede em uma empresa de Goiânia-GO, seguindo as etapas de revisão bibliográfica do assunto, observação *in loco*, registros fotográficos, análise de conformidades e análise de dados.

3.1 Revisão bibliográfica

Será realizada uma revisão bibliográfica sobre as normas e protocolos de segurança voltados para um estudo em campo na área de instalação de sistemas fotovoltaicos, utilizando referências bibliográficas relevantes. As normas regulamentadoras (NRs) 6,10,18, e 35 também serão consideradas nesta revisão.

3.2 Observações *in loco*

Serão realizadas observações diretas e sem contato com os funcionários no ambiente de trabalho da empresa de instalação de sistemas fotovoltaicos com o objetivo de avaliar as condições de segurança e saúde dos trabalhadores. Durante essas observações, serão registradas

as práticas adotadas, o uso de equipamentos de proteção individual e coletiva, entre outros aspectos relevantes.

3.3 Registros fotográficos

Serão utilizadas câmeras fotográficas ou smartphones para capturar registros fotográficos que evidenciem as condições de segurança e saúde no ambiente de trabalho. Essas fotografias servirão como evidências visuais para análise posterior.

3.4 Análise de conformidades

Será realizada uma análise das conformidades ou não conformidades em relação às normas regulamentadoras (NRs) 6,10,18, 35 e NBRs do setor com base nos registros disponíveis. Serão observadas medidas de proteção adotadas, treinamento realizados, utilização correta de EPIs e EPCs, entre outros aspectos relacionados a segurança do trabalho na instalação de sistemas fotovoltaicos.

3.5 Análise de dados

A partir dos dados coletados, será realizada uma análise objetiva e clara dos resultados obtidos. Serão destacadas as principais conclusões e identificadas as áreas de maior risco e as principais lacunas em relação a aplicação dos protocolos de segurança.

Quanto às ferramentas de análise, é importante considerar a natureza dos dados coletados. A análise pode incluir métodos estatísticos para quantificar respostas obtidas nas observações realizadas e identificar padrões ou tendências. Além disso, a análise qualitativa será empregada para compreender e interpretar os dados coletados, destacando as percepções ou entendimento relevantes e relacionando-os com a literatura existente.

No geral, a combinação desses instrumentos e ferramentas de análise permitirá avaliar os protocolos de segurança na instalação de sistemas fotovoltaicos e fornecer subsídios para a proposição de recomendações visando o aprimoramento desses protocolos.

4. RESULTADO E DISCUSSÃO

A respeito dos textos vigentes das Normas Regulamentadoras - NR 06, NR 10, NR 18 e NR 35, foram avaliadas as adequações das mesmas em relação ao processo de instalação de

placas fotovoltaicas. Os registros fotográficos irão mostrar o ambiente de trabalho desses colaboradores e as respectivas inconformidades no processo.

A Figura 2 registra as discordâncias com a NR 06 durante o serviço de instalação, uma vez que, é responsabilidade do empregador fornecer os EPI em perfeito estado de conservação e fiscalizar o seu uso, consegue-se observar na imagem a ausência dos equipamentos, por exemplo, os trabalhadores não tinham capacetes para evitar que objetos impactam o crânio e choques elétricos. Observou-se que tinham luvas para proteger as mãos contra a eletrocussão causada pelo uso da furadeira e uniformes adequados com a ressalva dos calçados, além disso, não estavam utilizando cinto e talabarte.

Figura 2: Serviço de instalação das placas fotovoltaicas.



Fonte: Autoria própria (2023).

Ainda a respeito da Figura 2, conforme a NR 06, nota-se a ausência de óculos de proteção, que tem a finalidade de proteger os colaboradores de possíveis partículas volantes. Outro fato, é referente a NR 18, já que não estão utilizando cinturões e talabartes, dispositivos para segurança contra queda.

O cenário da Figura 3, no telhado onde as atividades estão sendo executadas, é obrigatório instalar sinalização de advertência e isolar a área para evitar a ocorrência de acidentes devido à eventual queda de materiais, ferramentas e equipamentos, portanto a irregularidades na aplicação da NR 18.

Figura 3: Panorama geral do processo de instalação das placas fotovoltaicas.



Fonte: Autoria própria (2023).

Ademais, quanto a Figura 3 e a NR 18, a escada não está apropriada para o trabalho, pois a norma proíbe a utilização de escadas onde há risco de queda de objetos ou materiais. Esse risco está associado ao fato de a escada estar apoiada em um chão irregular, não possui nenhum fixador inferior ou superior e ou algum dispositivo para impedir o escorregamento. Contudo, também é necessário enfatizar a condição física da escada, a mesma não é recomendada para este tipo de trabalho, sendo que seria necessária uma escada de madeira em condições perfeitas para uso, ou seja, sem nenhuma rachadura. Ainda sobre a NR 18, os trabalhadores estão concentrando carga na mesma viga do telhado, o que é proibido, pois pode existir risco de queda.

Com base na Figura 3, contempla o trabalho em altura, pois o telhado da instalação das placas fotovoltaicas está a mais de 2 metros do chão, criando o risco de queda dos colaboradores. Dessa forma, existem irregularidades quando diz respeito a NR 35, visto que, todo trabalho deve acontecer com uma supervisão, o que não está acontecendo na situação apresentada. A Norma Regulamentadora 35 ainda prevê que qualquer trabalho em altura deve passar por uma análise de risco, porém isso não tem sido aplicado pela empresa estudada. Após a instalação dos painéis acontece a instalação do inversor, como podemos observar na Figura 4. O inversor tem o objetivo de converter a corrente contínua em alternada e também ligar essa geração à rede elétrica da rua.

Figura 4: Processo de instalação do inversor.



Fonte: Autoria própria (2023).

A Figura 4 mostra o trabalhador manipulando a fiação do inversor para ligar a energia gerada pelas placas solares à rede, utilizando apenas uma luva, ou seja, além de estar utilizando o EPI de maneira errada, corre o risco de sofrer um choque elétrico. Vale destacar também que não há o uso de óculos de proteção contra os efeitos de partículas voadoras em caso de curto-circuito. Em relação a NR 10, é importante ressaltar que o trabalho desenvolvido fere a norma, pois qualquer serviço em instalações em sistemas elétricos exige que sejam tomadas precauções para controlar os riscos elétricos e outros riscos adicionais, em outras palavras, é necessário ter uma análise de riscos.

Mediante os defeitos apresentados nas figuras anteriores, relacionados ao processo de instalação de energia solar, conseguimos observar na Tabela 2 as causas, consequências e medidas de ação para contenção dos erros. Considerando que o trabalho envolve o fornecimento de energia, transporte de mercadorias, movimento em altura, uso de equipamentos elétricos, deve-se ter cuidado ao realizar a instalação dos painéis fotovoltaicos. Foram identificados três tipos de erros: falha humana, erro estrutural e falta de equipamentos EPI e EPC.

Tabela 2: Avaliação do ambiente de trabalho e suas possíveis alternativas de solução.

Tipo de Erro	Modo do Erro	Causa do Erro	Consequência do Erro	Medida de Controle	Ação Corretiva
--------------	--------------	---------------	----------------------	--------------------	----------------

Falha Humana	Ambiente de Trabalho desorganizado	Impacto sobre a ferramenta e máquina	Acidente que requer primeiros socorros	Visual	Acontecer inspeções e realizar um planejamento prévio
Erro Estrutural	Não tem fixação na escada utilizada	Queda com diferença de nível	Invalidez permanente ou parcial	Análise tátil	Verificação da estrutura
Erro Estrutural	Sobrecarga no telhado	Queda com diferença de nível	Invalidez permanente ou parcial	Análise tátil	Verificação da estrutura
Falta de EPI ou EPC	Ausência de capacete e rodapé	Impacto por causa de queda de ferramentas	Óbito de envolvidos e não envolvidos no processo	Visual	Vistoria realizada por um especialista antes do processo começar
Falta de EPI ou EPC	Uso incorreto das luvas	Choque elétrico	Incapacidade temporária	Visual	Fiscalização do uso e fornecimento
Falta de EPI ou EPC	Ausência de óculos	Impacto de partículas volantes	Invalidez permanente ou parcial	Visual	Fiscalização do uso e fornecimento
Falta de EPI ou EPC	Ausência de equipamentos contra queda	Queda com diferença de nível	Invalidez permanente ou parcial	Visual	Fiscalização do uso e fornecimento
Falta de EPI ou EPC	Ausência de calçados adequados	Perfurar o pé ou acontecer uma queda com diferença de nível	Invalidez permanente ou parcial	Visual	Fiscalização do uso e fornecimento

Fonte: Autoria própria (2023).

O caos no local de trabalho é um erro comum que pode ocorrer em qualquer ambiente de trabalho. Além do tempo perdido, o operador pode sofrer um impacto sobre a ferramenta e máquinas causando um acidente de trabalho que irá necessitar de primeiros socorros. Para corrigir esse tipo de situação acontecerão inspeções e um planejamento prévio em todas as etapas.

O local da montagem da escada também deve ser escolhido de forma cuidadosa, sendo necessário estar em um chão regular e tendo que ultrapassar um metro do nível superior de onde estiver apoiada, podendo ter no máximo 7 metros e deve ter as medidas de contenção da mesma.

A ausência dessas medidas pode causar quedas devido à diferença de altura, podendo levar à invalidez do funcionário. Cabe ressaltar, que antes de iniciar qualquer atividade laboral devesse inspecionar cuidadosamente toda a estrutura.

Além disso, a estrutura do telhado é constantemente sobrecarregada pelo acesso a materiais, equipamentos de montagem e o peso dos colaboradores. Então, se a estrutura desabar, os trabalhadores podem cair com os materiais, causando ferimentos permanentes aos envolvidos. Portanto, é indispensável um planejamento adequado e cuidadoso para determinar onde descarregar, depositar o insumo e onde será montado o sistema.

Como mostra a Figura 2, não havia EPC contra queda dos colaboradores e nem dos objetos, não estavam usando os EPI, como capacetes, óculos e calçados apropriados. Considerando que aconteça algum acidente, que seja causado pela queda de ferramentas podem resultar no óbito ou incapacidade permanente ou temporária dos trabalhadores ou de pessoas que não estão envolvidas no processo. Como forma de contenção para esse erro, o ambiente deve passar por uma vistoria de um especialista antes do serviço começar.

Na Figura 4, o profissional responsável não estava utilizando as luvas de maneira correta, o que pode causar uma eletrocussão, o que poderia incapacitar temporariamente, ou até mesmo levá-lo a óbito. É dever do empregador fornecer, exigir e monitorar o uso do EPI para os trabalhadores.

O uso de óculos foi negligenciado em ambos processos (instalação das placas e instalação do inversor), o EPI é essencial, pois as partículas podem voar ao instalar as estruturas.

A falta disso pode deixar o funcionário permanentemente incapacitado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante do exposto, ficou comprovada a importância de profissionais qualificados na área de segurança do trabalho em campo, ou seja, o mercado não deveria negligenciar a importância desse profissional.

Considerando o contexto do trabalho realizado, que é a instalação de painéis fotovoltaicos conectados à rede, consegue-se observar que a atividade laboral é constantemente realizada em altura, sendo assim, deve cumprir os protocolos de segurança, apresentados na NR 35. Com a finalidade de evitar acidentes envolvendo choques elétricos, a Norma Regulamentadora 10 tem as exigências necessárias para mitigar esse tipo de acidente. Por fim, a NR 06 trata sobre os EPI que são essenciais para a proteção do funcionário e também a NR 18 que tem a função de conscientização do ambiente de trabalho.

Além da fiscalização e da verificação quanto ao uso e técnicas dos equipamentos para a segurança, tem-se a necessidade de desenvolver um plano de ações corretivas, que possui a necessidade de controlar os erros, identificar onde está a causa e suas possíveis consequências, como foi demonstrado no Tabela 2.

No cenário estudado, as ações corretivas sugeridas no Tabela 2 são diversas e requerem aspectos como treinamento específico, uso de equipamentos antiqueda e foco em Equipamentos de Proteção Individual e Coletiva. Deve-se fornecer o equipamento para o funcionário em perfeito estado de conservação e monitorar o uso do mesmo.

Finalmente, é necessário considerar futuros estudos relacionados à instalação de placas fotovoltaicas não apenas em casas, mas também em ambientes comerciais, usinas e indústrias. Pesquisas nesse ramo ainda são escassas e é importante sempre priorizar a saúde e segurança do trabalhador.

REFERÊNCIA

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 16325** - Proteção contra quedas de altura. Parte 1- Dispositivos de ancoragem tipo A, B e D. Rio de Janeiro. 2014.

ATLAS. **Manuais de Legislação Atlas: Segurança e Medicina do Trabalho**. 78. ed. São Paulo: Editora Atlas, 2017.

BARBOSA, P. R. B.; R. P. **Segurança do Trabalho Guia Prático e Didático**. [S.l.]: Saraiva Educação S.A., 2018.

BRASIL. **NR 06 - Equipamento de proteção individual**. Brasília, 2022. Ministério do Trabalho e Emprego. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normasregulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-6-nr-6#:~:text=A%20Norma%20Regulamentadora%20n%C2%BA%206,setores%20ou%20atividades%20econ%C3%B4micas%20espec%C3%ADficas>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. **NR 10 - Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e-orgaoscolegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/normaregulamentadora-no-10-nr-10>. Acesso em: 10 maio 2023.

BRASIL. **NR 18 - Segurança e Saúde no Trabalho na Indústria da Construção**. Ministério do Trabalho e Emprego. Brasília, 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-a-informacao/participacao-social/conselhos-e>

orgaoscolegiados/ctpp/normas-regulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/normaregulamentadora-no-18-nr-18. Acesso em: 29 maio 2023.

BRASIL. **NR 35 - Trabalho em Altura**. Brasília, 2019. Disponível em: Ministério do Trabalho e Emprego. <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/acesso-ainformacao/participacao-social/conselhos-e-orgaos-colegiados/ctpp/normasregulamentadora/normas-regulamentadoras-vigentes/norma-regulamentadora-no-35-nr-35>. Acesso em: 10 maio 2023.

CAMPOS, Mateus Polito. **Estudo da energia incidente do arco elétrico em quadros/painéis elétricos**. Trabalho de Conclusão de Curso II - Departamento de Engenharia Elétrica do CEFET/MG, Belo Horizonte, 2016.

CHAGAS, Cynthia de Fátima Porto Araújo. **Saúde e Segurança do Trabalho**. CEFOSPE. 1. ed.. 2020.

CRUZ, Carlos Henrique Mesquita. **Segurança do Trabalho em Subestações Elétricas: Um Estudo das Normas Vigentes com ênfase na Norma Regulamentadora Nº 10 (NR – 10)**. Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Elétrica do Departamento de Engenharia Elétrica da Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2022.

DOS SANTOS, Fabricio Fontoura. **Principais consequências da não aplicação da NR-10 – Avaliação das instalações elétricas de baixa tensão de uma unidade militar de quartelamento**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2013.

GIL, A. C. **Como elaborar projetos de pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2017.

GIZONI Maike Santos. MARCO Gerson de. **A Importância Da Segurança No Trabalho Na Construção Civil: Um Estudo no Município de Jaboicabal – SP**. Uniara Universidade de Araraquara. São Paulo, 2018.

HISTÓRIA DA SEGURANÇA DO TRABALHO. Instituto Santa Catarina. Disponível em: <https://www.institutosc.com.br/web/blog/historia-da-seguranca-do-trabalho>. Acesso em: 03 maio 2023.

JMSSOLAR. Funcionalidade do gerador de energia fotovoltaica. **JMSSOLAR**, 2022. Disponível em: <https://www.jmssolar.com.br/servicos/como-funciona-um-geradorfotovoltaco>. Acesso em: 11 maio 2023.

KURATA, Marcos Eduardo. **Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos**. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Departamento Acadêmico de Construção Civil, Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016.

LAKATOS, E. M., MARCONI, M. A. **Metodologia científica**. São Paulo: Atlas, 2017.

LOPEZ, Ricardo Aldabó. **Energia Solar para Produção de Eletricidade**. São Paulo: Artliber, 2012.

MANUS, Pedro Paulo Teixeira. **Direito do Trabalho**. 16. ed. São Paulo: Atlas, 2015.

MARDEGAN, Claudio S.; PARISE, Giuseppe: **Proteção contra arco elétrico**. O Setor Elétrico, 2018. Disponível em: <https://www.osetoreletrico.com.br/capitulo-ii-o-arco-eletrico/>. Acesso em: 11 maio 2023.

MENDES, Márcio Roberto Azevedo. **Prevenção de acidentes nos trabalhos em altura**. Monografia - Graduação em Engenharia Civil. Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

MENDES, H. C. A.; SOUZA, D. S. C. **Normas Regulamentadoras aplicadas à manutenção de ar-condicionado central VRF**. Revista Presença. Rio de Janeiro, Volume 7, 15. ed., 2021.

MIRANDA, Stella. Legislação. **Canal Solar**, 2022. Disponível em: <https://canalsolar.com.br/energia-solar-no-brasil-o-que-diz-a-legislacao-e-qual-a-suaimportancia/>. Acesso em: 11 maio 2023.

NEOSOLAR. O termo - Energia solar. **NEOSOLAR**, 2022. Disponível em: <https://www.neosolar.com.br/aprenda/saiba-mais/energia-solar-fotovoltaic>. Acesso em: 11 maio 2023.

PEINADO. Hugo Sefrian. (Org). **Segurança e Saúde do Trabalho na Indústria da Construção Civil**. São Carlos: Scienza, 2019.

PEIXOTO, N. H. Segurança do trabalho. Santa Maria: Universidade Federal Santa Maria: Colégio Técnico Industrial de Santa Maria. 2011.

RESENDE, Renan Bastos Alvarenga. **A Importância do Equipamento de Proteção Individual (EPI) na Construção Civil**. Lavras-MG, 2019.

VIEIRA, A. A., BRAHAN, M. C. M. Gerenciamento de riscos de segurança e saúde no trabalho numa indústria de laticínios. 2020.

VILLALVA, Marcelo Gradella. **Energia Solar Fotovoltaica: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2015.

SALIBA, T. M.; DE FREITAS LANZA, M. B. Curso básico de segurança e higiene ocupacional. LTr Editora Ltda. 2018.

SILVA JÚNIOR, Joab Silas da. "Choques Elétricos". **Brasil Escola**. Disponível em: <https://brasilescuela.uol.com.br/fisica/choques-eletricos.htm>. Acesso em: 11 maio 2023.

SST. Observatório de Segurança e Saúde no Trabalho, **Smartlab**, 2023. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst>. Acesso em: 03 maio 2023.

SULTHERM. O termo. **Sultherm**, 2022. Disponível em: <https://www.sultherm.com/formasfuncionamento---fotovoltaica>. Acesso em: 10 maio 2023.

TOGAWA, Victor. Energia Solar Fotovoltaica. **Togawa Engenharia**, 2018. Disponível em: <http://togawaengenharia.com.br/energia-solar-fotovoltaica/>. Acesso em: 11 maio 2023.

ANEXO 1: MEDIDAS DE PROTEÇÃO CONTRA QUEDAS EM ALTURA SEGUNDO A NR 18.

18.4.1 A elaboração e implementação de um PGR nos canteiros de obras é obrigatório e abrange os riscos ocupacionais e as precauções associadas.

18.4.2.1 Em canteiros de obras com mais de 7 metros de altura e tendo 10 colaboradores, o PGR pode ser elaborado por um profissional devidamente qualificado e implementado sob responsabilidade da organização.

18.6.1 Qualquer serviço que envolva instalações elétricas deve atender a Norma Regulamentadora 10 (Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade).

18.6.2 As instalações elétricas temporárias devem ser executadas e mantidas de acordo com projetos elétricos elaborados por profissionais legalmente habilitados.

18.8.5 Ao utilizar escadas que exigem o uso das mãos o manuseio de ferramentas e materiais deve ser realizado por meio adequado.

18.8.6.3 É obrigatório o uso de equipamentos de proteção individual contra queda quando o serviço ultrapassar uma altura vertical de 2 metros.

18.8.6.13 As escadas de mão devem possuir no máximo 7 metros de extensão, ultrapassar pelo menos 1 metro do nível superior e ter fixadores inferiores para impedir a sua queda.

18.13.1 Deve-se sinalizar o canteiro de obras devidamente.

Fonte: Ministério do Trabalho NR 18 - BRASIL (2021).

AVALIAÇÃO DA INFLUÊNCIA DE ADITIVOS NA RESISTÊNCIA DO CONCRETO CONVENCIONAL

EVALUATION OF THE INFLUENCE OF ADDITIVES ON THE RESISTANCE OF CONVENTIONAL CONCRETE

QUEIROZ, Deivid Pereira¹; RODRIGUES, Felipe Carneiro²; LIMA, Gabriel Henrique Pereira³ NETO, Luiz Carlos Costa⁴ PINA, Marcos Antônio Pereira⁴; TENÓRIO, Helen Oliveira⁵

RESUMO

O presente trabalho trata-se de uma avaliação da influência de aditivos na resistência do concreto convencional. Existem muitos aditivos usados na produção de concreto, alguns determinam certas características desejáveis para a finalidade do uso daquele concreto. Tem-se como exemplo, os aditivos superplastificantes que são utilizados para aumentar a trabalhabilidade do concreto, preenchimento total dos vazios, evitando assim patologias que possam surgir futuramente, como o caso dos nichos de concretagem, conseqüentemente, diminuem a vida útil do concreto, devido a maior exposição desse com o oxigênio, gás carbônico e umidade, promovendo assim a corrosão da armadura. Outra característica importante do superplastificante é a redução da água na produção do concreto, sem interferir na fluidez e na resistência final do concreto. O aditivo acelerador de pega também é muito usado para a produção de concretos, o objetivo do uso deste aditivo é diminuir o tempo de cura, pois esse promove uma reação imediata da água com o cimento, aumentando a sua resistência à compressão nos primeiros dias, dessa forma, o tempo de cura fica reduzindo, podendo retirar as formas em poucos dias. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência desses aditivos na resistência à compressão nos primeiros dias. Foi feito um traço e adicionou aditivo superplastificante e acelerador, sendo duas amostras por traço. De cada amostra, foram feitos 6 corpos de prova para determinar a resistência nas idades de 1, 3 e 7 dias. Sendo assim, totalizou-se 12 amostras (6 para cada aditivo). O ensaio de abatimento foi feito para cada amostra nos tempos 0, 10, 20 e 30 minutos. Os resultados mostraram que os maiores valores para resistência foram os traços com o acelerador. Os aditivos utilizados não interferiram na fluidez e trabalhabilidade, no entanto, o superplastificante apresentou maiores resultados para o abatimento. Com os resultados obtidos, conclui-se que é preciso ajustar as dosagens dos aditivos para ter resultados com maior resistência à compressão nos primeiros 7 dias.

Palavras-chaves: Aditivos. Concreto. Resistência à compressão. Abatimento.

ABSTRACT

The present work deals with an evaluation of the influence of additives on the strength of conventional concrete. There are many additives used in the production of concrete, some determine certain desirable characteristics for the purpose of use of that concrete. For example, superplasticizer additives, which are used to increase the workability of the concrete, completely filling the voids, thus avoiding pathologies that may arise in the future, such as the case of concrete placement niches, consequently reducing the useful life of the concrete, due to greater exposure to oxygen, carbon dioxide and moisture, thus promoting reinforcement corrosion. Another important feature of the superplasticizer is the reduction of water in the production of concrete, without interfering with the fluidity and final resistance of the concrete. The setting accelerator additive is also widely used for the production

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS.

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS.

⁴ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS.

⁵ Orientadora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: Helen.tenorio@facunicamps.edu.br

of concrete, the purpose of using this additive is to reduce the curing time, as it promotes an immediate reaction of the water with the cement, increasing its resistance to compression in the first days, in this way, the curing time is reduced, being able to remove the molds in a few days. The objective of this work was to evaluate the influence of these additives on the compressive strength in the first days. A trace was made and superplasticizer additive and accelerator were added, with 2 samples per trace. From each sample, 6 specimens were made, to determine the resistance at ages 1, 3 and 7 days. Thus, a total of 12 samples were obtained (6 for each additive). The slump test was performed for each sample at times 0, 10, 20 and 30 minutes. The results showed that the highest values for resistance were the strokes with the accelerator. The additives used did not interfere with fluidity and workability, however the superplasticizer showed better results for slump. With the results obtained, it is concluded that it is necessary to adjust the dosages of additives to obtain results with greater resistance to compression in the first 7 days.

Keywords: Additives. Concrete. Compressive strength. Abatement.

1. INTRODUÇÃO

O concreto é um dos materiais mais utilizados em obras de infraestrutura, edificações e estruturas em geral, por isso, a quantidade de concreto plástico utilizada é uma questão muito importante na construção civil. A dosagem correta é fundamental para garantir a qualidade e resistência da estrutura, reduzir custos e evitar o desperdício de material.

Nesse sentido, é importante entender os fatores que influenciam a dosagem e as diferentes técnicas disponíveis para calcular as proporções ideais de cada componente do concreto. A busca por melhorias nos materiais à medida que a tecnologia da construção civil evolui é uma realidade absoluta. A estrutura, que precisa permanecer a mesma, visa reduzir custos, mas manter a qualidade.

Nesse caso, o uso de aditivos foi regulamentado e introduzido no Brasil na década de 1970, atualmente, no mercado existem vários aditivos, cada um com suas especificidades e aplicações.

Um dos principais problemas no uso de aditivo é a má administração da dosagem na hora da execução do traço, fazendo assim o aditivo perder sua capacidade específica de uso, como por exemplo a característica da resistência e conseqüentemente desperdiçando material.

De acordo com Helene (2010), o uso de aditivos no concreto pode trazer diversos benefícios, como a melhoria da trabalhabilidade, redução da segregação, aumento da resistência e durabilidade, aceleração ou retardamento do tempo de pega do concreto, entre outros. No entanto, ele destaca que é importante que o uso dos aditivos seja feito de forma consciente e criteriosa, levando em consideração as características do cimento e das condições de aplicação.

Diante desse pressuposto, o trabalho visa avaliar os resultados da influência dos aditivos superplastificantes, aceleradores e retardadores de pega no concreto através de ensaio de compressão nas idades de 1, 3 e 7 dias, conforme a NBR 5739 (ABNT, 2018), para constatar a discrepância de resistências de cada aditivo em cada idade e seguindo as orientações do fabricante em relação à sua dosagem.

2. OBJETIVO GERAL

Avaliar a condição de um traço convencional de concreto após o uso de aditivos superplastificante e acelerador, levando em consideração a trabalhabilidade, consistência e resistência característica.

2.1 OBJETIVO ESPECÍFICO

- Analisar a influência da aplicação dos aditivos: superplastificante e acelerador de pega em traço de concreto convencional; □ Verificar a perda de abatimento do concreto;
- Verificar a interferência na resistência à compressão axial do concreto em diferentes idades;
- Elaboração dos gráficos de (Curva de abatimento x tempo) e (f_{ck} x idade).

3. REFERENCIAL TEÓRICO

3.1. Concreto de cimento portland

Segundo Andrade e Helene (2010), o concreto de cimento Portland é o mais importante material estrutural e de construção civil da atualidade. Mesmo sendo o mais recente dos materiais de construção de estruturas, pode ser considerado como uma das descobertas mais interessantes da história do desenvolvimento da humanidade e sua qualidade de vida.

A ideia de concreto surgiu nas construções do Império Romano por volta de 400 a.C., na época era denominado de cal pozolânica, e era formado por cal hidratada e cinza vulcânica. Os romanos perceberam que a mistura destes materiais resultava em uma espécie de aglomerante que endurecia após o contato com a água, a partir de então, as construções passaram a incorporar essa mistura, principalmente nas fundações, uma vez que o solo da região era extremamente arenoso (REGANATI, 2020).

O grande passo para o desenvolvimento das construções foi a descoberta do cimento Portland, Joseph Aspdin foi o inventor que deu o grande passo em direção ao desenvolvimento, por volta de 1824, ele obteve o material queimando argila e calcário moídos em altas temperaturas (REGANATI, 2020).

Pouco tempo depois, em 1849, Joseph Monier desenvolveu o primeiro concreto reforçado com aço, o que viria a ser o concreto armado que conhecemos hoje. Joseph percebeu que a grande fraqueza do concreto era sua baixa resistência a esforços de tração, pensou então em combinar a resistência a tração do aço com as características únicas do concreto, seus primeiros inventos foram cubas e tubos armados, mas a ideia logo se expandiu e começou a ser utilizada em diferentes situações (REGANATI, 2020).

No século XX, o concreto teve grande evolução do ponto de vista tecnológico, na década de 30 ele começou a ser produzido na usina o que ficou conhecido como concreto usinado, dando um grande salto em termos de qualidade e redução no tempo de fabricação, em 1980, já existia o concreto de alta resistência e o concreto reforçado com adição de fibras, além disso, dava-se início a introdução dos aditivos na produção de concreto usinado (REGANATI, 2020).

O concreto pode ser definido como um material composto por agregados particulados ou fragmentados (reforço) que se encontra em um meio aglomerante contínuo, denominada matriz, cuja característica é de estar presente em maior quantidade (GAVA *et al.*, 2001).

Almeida (2002) relata que o uso dessa mistura proporciona a construção de elementos de diversos formatos e funções capazes de resistir a intensos esforços e cargas, por isso, é largamente utilizado na construção civil. Após a mistura de seus componentes, o concreto assume uma plasticidade que o permite se moldar em formas e ser transportado, ou lançado através de bombas.

Conforme a passagem do tempo, o concreto vai endurecendo e se tornando mais coeso e resistente. Mas para garantir que o concreto trabalhe no seu melhor desempenho é preciso estudar as características de cada um do material componente, bem como os fatores que podem alterá-las, e o modo de execução (ALMEIDA, 2002).

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo composto por uma mistura de cimento, agregados graúdos (pedras), agregados miúdos (areia), água, aditivos e adições (sílica ativa) (TENOSIL, 2021).

O concreto é classificado como estrutural e não estrutural. O primeiro é utilizado na estrutura de uma construção, quando se faz necessário oferecer resistência suficiente para manter uma edificação em pé. O segundo como, por exemplo, o concreto magro, é utilizado em partes não estruturais do edifício, possuindo uma menor resistência (TECNOSIL, 2021).

Para se obter um concreto com boa resistência e impermeabilidade quando estiver no estado endurecido, deve-se atentar para a qualidade dos materiais utilizados, a proporção adequada entre eles, principalmente a relação água e cimento (a/c), bem como os cuidados de

adensamento adequado e a cura do concreto, que necessitam da hidratação mesmo depois de endurecido (ALMEIDA, 2002).

Aditivos e adições são produtos fundamentais para melhorar o desempenho do concreto. Historicamente, o uso desses materiais aumentou à medida que cresceu a necessidade de se obter concretos com características especiais (TECNOSIL, 2021).

3.2. Componentes do concreto

O concreto é produzido a partir da união de 4 componentes básicos, cimento, areia, brita e água. Esses componentes, em suas devidas proporções, podem formar o concreto tal como conhecemos, portanto, ele é o resultado da união do aglomerante (cimento) com agregados (brita e areia), que são misturados através da água, o processo em si é uma reação química que tem como objetivo a formação de cristais de sílica, material responsável pelas propriedades de resistência do concreto endurecido (REGANATI, 2020).

3.2.1 Cimento

O cimento é um aglomerante hidráulico, que em presença de água possui característica de aglutinar os agregados. Esses, por sua vez, são divididos conforme sua dimensão granulométrica, podendo ser agregados miúdos ou graúdos, e naturais ou artificiais (SOBRAL, 2000).

Segundo o guia básico de uso do cimento Portland da ABCP (2002), define-se cimento Portland como um "pó fino com propriedades aglomerantes, aglutinantes ou ligantes, que adquire uma determinada dureza sob ação da água". Mesmo que entre em contato com água depois de endurecido, o cimento não volta a seu estado decomposto novamente.

O cimento é a matéria-prima mais importante utilizada na fabricação do concreto, é através do contato dele com a água que ocorre a reação química responsável pelas propriedades do concreto, o cimento é uma espécie de pó extremamente fino, formado basicamente por argila, calcário e gesso, em alguns casos, é adicionado outros componentes na fabricação do cimento para melhorar alguma de suas propriedades, como por exemplo argila pozolânica ou escória (REGANATI, 2020).

O processo de fabricação do cimento é feito em uma indústria onde o calcário e a argila são trituradas e, posteriormente, aquecidos a temperaturas elevadas, cerca de 1400° C, o produto que sai do forno é o clínquer, que é a matéria-prima básica do cimento. O gesso é adicionado ao clínquer para aumentar o tempo de início da pega formando assim o cimento convencional, a partir disso, outros componentes podem ser adicionados para dar origem aos cimentos

especiais como o CP IV por exemplo, que contém adição de argila pozolânica (REGANATI, 2020).

3.2.2 Água

Conforme Teixeira e Pelisser (2007), um outro importante componente do concreto é a água, que além de ajudar na trabalhabilidade e homogeneidade, pode influenciar com o aumento da relação água/cimento na perda da vida útil e da resistência mecânica do concreto, já que há um aumento na porosidade da pasta endurecida.

3.2.3. Agregados

Segundo a norma 7211 de 2009, da ABNT, agregados do concreto são compostos por grãos de minerais duráveis e compactos que “não interfiram no endurecimento e hidratação do cimento e também na proteção contra corrosão da armadura”. Para fazer o concreto, os agregados devem ter as seguintes características:

- Absorção de água;
- Resistência à compressão;
- Porosidade;
- Distribuição granulométrica.

Tais aspectos dependem da composição da rocha usada e no tipo de condição a que ela foi exposta antes de produzir o agregado bem como o equipamento utilizado para a sua fabricação.

3.2.3.1 Agregados graúdos

O agregado do tipo graúdo é definido como pedregulho ou brita proveniente de rochas estáveis. Seus grãos passam na peneira de 152 mm da ABNT e ficam retidos na de 4,8 mm. Para fazer o concreto usado na construção civil, não importa se serão utilizados britas ou pedregulhos. A única preocupação aqui é com relação à qualidade dos agregados graúdos.

Os agregados graúdos precisam ser resistentes e limpos. Diferentemente dos agregados miúdos, os do tipo graúdo precisam ter granulação uniforme. Outra questão essencial nesse caso é que não haja segregação na hora da estocagem ou empilhamento. Isso porque, os grãos maiores geralmente ficam na base das pilhas.

3.2.3.2 Agregados miúdos

A areia é um agregado miúdo originado por intermédio de processos naturais ou artificiais de desintegração de rochas ou provenientes de outros processos industriais (TEODORO, 2013).

Pode-se considerar sendo um material natural ou artificial, como areia natural, pedrisco, seixo rolado, pedregulho natural (SOBRAL, 2000).

3.3. Aditivos melhoradores do concreto

A NBR 11728 (ABNT, 2011) diz que os aditivos, por definição, são produtos adicionados à argamassa ou concreto, imediatamente antes ou durante seu preparo, em quantidades inferiores a 5% da massa do material cimentício contida na mistura, com o objetivo de melhorar suas características tanto no estado fresco, quanto no endurecido.

Os aditivos possuem propriedades químicas, e as adições minerais atuam como objetivo de somar ou substituir parcialmente o cimento, já que possuem propriedades semelhantes (FONSECA, 2010).

Existem vários tipos desses aditivos e adições no mercado, como por exemplo os incorporadores de ar, plastificantes, superplastificantes, polifuncional, modificadores de pega – acelerador e retardador, modificador de viscosidade, fibras, isopor, sílica ativa, metacaulim entre outros.

3.3.1 Superplastificantes

Aditivo que, sem modificar a consistência do concreto no estado fresco, permite elevada redução no conteúdo de água de um concreto; ou que, sem alterar a quantidade de água, aumenta consideravelmente o abatimento e a fluidez do concreto; ou, ainda, aditivo que produz esses dois efeitos simultaneamente. Nessa classificação, o aditivo não apresenta função secundária sobre a pega (ABNT, 2011).

Os objetivos dos superplastificantes são: manter a trabalhabilidade da mistura mesmo quando se reduz a relação de água/cimento, melhorando sua resistência; facilitar a trabalhabilidade sem reduzir a quantidade de água e mantendo a resistência; reduzir a quantidade de cimento utilizada na mistura de concreto sem alterar a trabalhabilidade e a resistência; melhorar a coesão e a homogeneidade; reduzir a permeabilidade.

Os superplastificantes são considerados redutores de água, no entanto dentro da classe de redutores de água, encontramos três tipos: os plastificantes, os superplastificantes do tipo I e os plastificantes do tipo II. A principal diferença entre eles é a capacidade de reduzir a relação água/cimento:

- ▣ plastificantes: a redução deve ser maior ou igual a 5% em relação ao concreto de referência;
- ▣ superplastificantes do tipo I: o percentual deve ser maior ou igual a 12%; ▣ superplastificantes do tipo II: deve ser maior ou igual a 20%.

3.3.2. Aceleradores de pega

O acelerador de pega promove a reação imediata da água com o cimento, favorecendo o endurecimento do concreto em suas idades iniciais. Sendo importante para obras que necessitam rápida liberação, como execução de pré-moldados, anéis para túneis, sendo assim reduzem o tempo de desforma, fundações, pavimentações e reparos que precisam de urgência. Algumas composições químicas são utilizadas como aceleradores de pega, como o carbonato de sódio, que proporciona pega imediata. Citando mais alguns exemplos, temos cloreto de alumínio, carbonato de potássio, fluoreto de sódio e o mais comumente utilizado, cloreto de cálcio (CaCl_2). Em regiões mais frias, é utilizado o cloreto de cálcio para concreto projetado, pois ele eleva a temperatura da mistura logo nas primeiras horas (NEVILLE; BROOKS, 2013).

3.4 Dosagem do concreto

Para a determinação da dosagem ou traço do concreto, utiliza-se de alguns métodos para sua concepção, sendo o mais utilizado o método da ABCP. O traço de um concreto é o que define seu uso, podendo se obter concretos com maiores ou menores resistências e com características especiais quando incorporamos aditivos, por exemplo.

3.5. Resistência do concreto

A resistência à compressão do concreto está relacionada com a quantidade de tensão necessária para que certo material se rompa. A partir de dados da resistência muitas outras propriedades do concreto podem ser deduzidas, e ainda, comparado a ensaios envolvendo outras propriedades do concreto, o ensaio de resistência à compressão é relativamente fácil, e por este motivo, esta resistência normalmente é especificada em projetos de estruturas (MEHTA; MONTEIRO, 2014).

A resistência do concreto normalmente é considerada sua propriedade mais importante, embora que em algumas situações práticas, outras características como a permeabilidade e durabilidade podem ser fato mais importantes, mas a resistência à compressão fornece uma

ideia geral da qualidade do concreto e, com isso, normalmente é aceita como índice geral do concreto (NEVILLE, 2016).

3.6. Abatimento do concreto

Segundo Benetti (2007), a trabalhabilidade é feita pelo abatimento (deformação) provocado na massa de concreto pelo peso próprio. Sendo assim, é utilizado um cone de 10 a 20 cm de diâmetro e 30 cm de altura, onde é inserida uma massa de concreto em 3 camadas semelhantes, adensadas com 25 golpes cada uma com uma barra de 16 mm de diâmetro, logo em seguida remove-se levemente o molde. A diferença da altura do cone e a massa do concreto.

3.7. Reologia do concreto

O concreto é considerado um material composto, tendo como componentes principais o cimento, os agregados e a água. No caso dos concretos, aditivos químicos e compostos minerais são incorporados à mistura “tradicional” para que uma variedade de propriedades e características seja obtida.

Do ponto de vista reológico, esse material pode ser entendido como uma concentração de partículas sólidas em suspensão (agregados) em um líquido viscoso (pasta de cimento). Em uma escala macroscópica, o concreto fresco flui como um líquido (CASTRO *et al.*, 2011).

Termos como trabalhabilidade, consistência, capacidade de escoamento, mobilidade e capacidade de bombeamento têm sido usados para descrever o comportamento do concreto no estado fresco (CASTRO *et al.*, 2011).

4. METODOLOGIA

A elaboração desta pesquisa possui natureza empírica, descritiva e quantitativa, uma vez que avaliou a influência dos aditivos na resistência do concreto.

Realizaram-se ensaios em laboratório da empresa parceira para avaliar as alterações nas propriedades do concreto com o uso de aditivo, sendo eles: aditivo superplastificante, acelerador de pega, cuja dosagem será indicada pelo fabricante em suas fichas técnicas. O experimento foi dividido em quatro etapas:

4.1 Caracterização dos materiais utilizados

4.1.1 Cimento

O tipo de cimento fornecido pela empresa parceira, para a pesquisa, foi o CP II F40. As tabelas 1 e 2 apresentam os teores médios dos componentes químicos e os valores médios das suas características físicas e mecânicas do cimento, respectivamente. Esses dados são resultantes do ensaio de caracterização realizado pela empresa Votorantim Cimentos e foram disponibilizados através do seu boletim de ensaios de cimento.

Tabela 1– Composição química média do cimento.

Elementos Químicos	PF %	MgO %	SO3 %	RI %
Média	4,9	3,0	2,6	2,4
Desvio Padrão	0,3	1,5	0,4	0,2

Fonte: Laudo Votorantim Cimentos (2022).

Tabela 2 – Características físicas e mecânicas do cimento.

Propriedades	Exp. a quente (mm)	Tempo de pega		Água cons. normal %	Blaine (cm ² /g)	#200 %	#400 %	Resistência à compressão (MPa)		
		Início (min)	Final (min)					1 dia	3 dias	7 dias
Média	0,0	153	202	30,2	5031	0,1	0,6	24,5	36,4	41,3
Desvio Padrão	0,0	13	15	0,1	108	0,1	0,3	1,5	0,8	0,9

Fonte: Laudo Votorantim Cimentos (2022).

4.1.2 Agregados miúdos

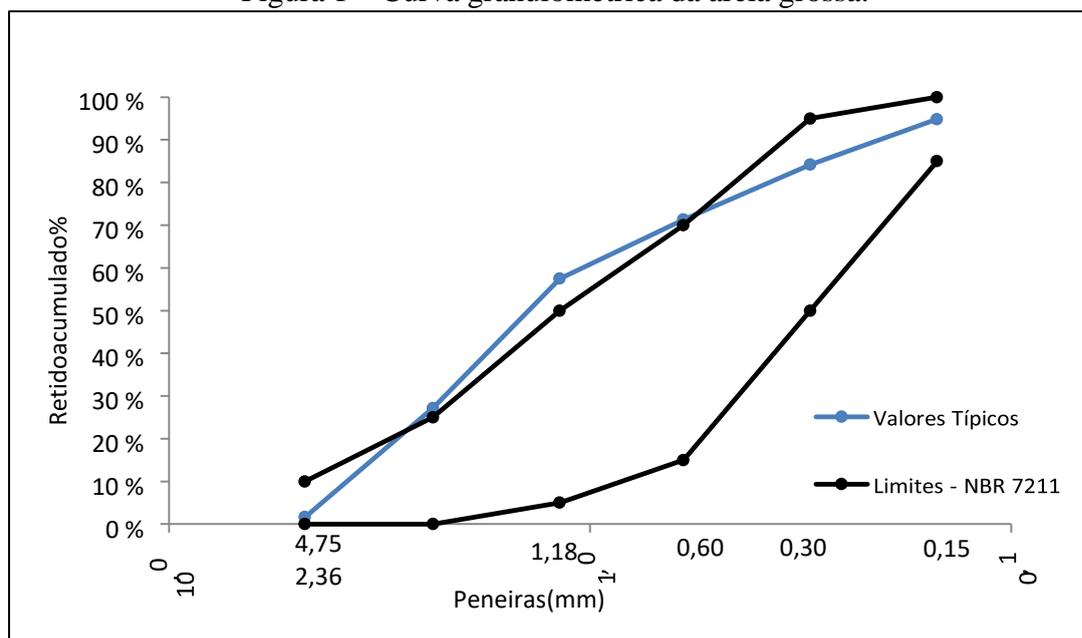
Os agregados miúdos e graúdos utilizados neste trabalho foram fornecidos pela empresa parceira. Como agregado miúdo, foi utilizada areia grossa, na tabela 3 são apresentados os resultados da distribuição granulométrica da areia, já normalizados, bem como os valores de referência, de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2011) e na Figura 1 é apresentada a curva granulométrica. Esses dados são resultantes da caracterização realizada pela empresa Ciplan Cimento e foram disponibilizados através do seu boletim de controle de qualidade.

Tabela 3 – Caracterização granulométrica da areia grossa.

Peneiras (nº)		Limite Inferior NBR 7211/2009	Limite Superior NBR 7211/2009	Retido (%)	Retido Acumulado (%)
9,5	3/8"	0	0	0,00	0,00
6,3	1/4"	0	0	0,00	0,00
4,75	4	0	10	1,67	1,67
2,36	8	0	25	25,50	27,17
1,18	16	5	50	30,33	57,50
0,6	30	15	70	13,83	71,33
0,3	50	50	95	12,83	84,17
0,15	100	85	100	10,67	94,83
Passante				5,17	100,00

Fonte: Ciplan Cimento (2021).

Figura 1 – Curva granulométrica da areia grossa.



Fonte: Ciplan Cimento (2021)

O módulo de finura da areia grossa foi de 3,366.

4.1.3 Agregados graúdos

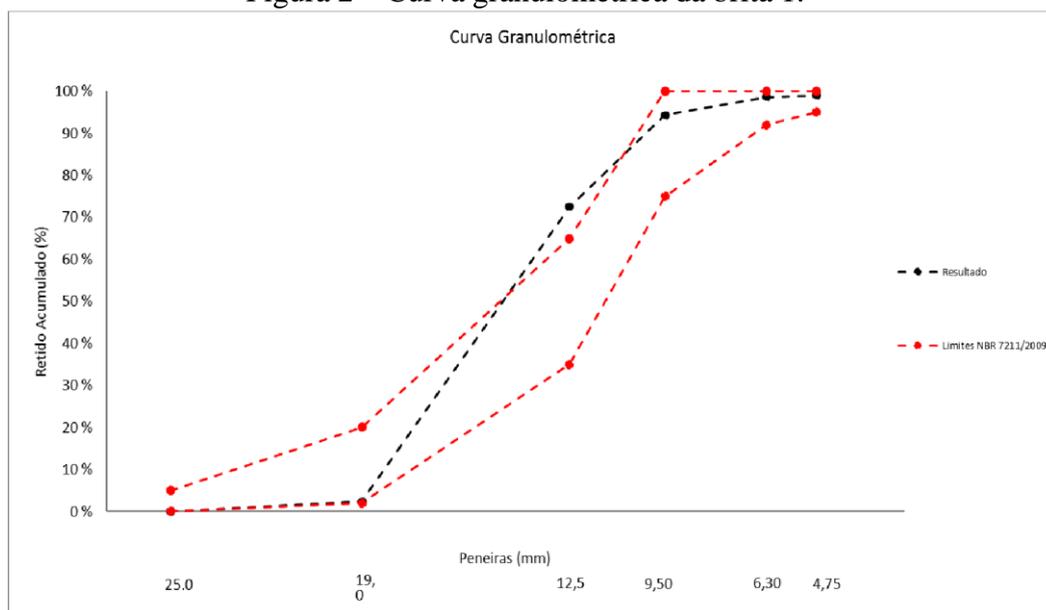
Para a execução do traço utilizou-se a brita 1, na tabela 4 é apresentada os resultados da distribuição granulométrica, bem como os valores de referência, de acordo com a norma NBR 7211 (ABNT, 2009), e na Figura 2 é indicada a sua curva granulométrica. Esses dados são resultantes da caracterização realizada pela Ciplan Cimento e disponibilizados através do seu boletim de controle de qualidade.

Tabela 4 – Caracterização granulométrica da brita 1.

Peneiras (n°)		Limites Inferiores NBR 7211/2009	Limites Superiores NBR 7211/2009	Retido (%)	Retido Acumulado (%)
25,0	1"	0	5	0	0
19,0	3/4"	2	20	2	2
12,5	1/2"	35	65	70	73
9,5	3/8"	75	100	22	94
6,3	1/4"	92	100	4	99
4,75	N°4	95	100	0	99
Passante				1	100
Total				100	

Fonte: Ciplan cimento (2021)

Figura 2 – Curva granulométrica da brita 1.



Fonte: Ciplan Cimento (2021).

O módulo de finura da brita 1 encontrado foi de 6,96 e sua dimensão máxima característica foi de 19,0mm.

4.1.4 Aditivos

4.1.4.1 Aditivo superplastificante

Na execução dos traços do concreto, utilizou-se o aditivo superplastificante à base de ácidos policarboxílicos. Segundo o fabricante, esse aditivo é recomendado para indústria de pré-fabricados, concretos de alta resistência inicial, concreto de alto desempenho (CAD) e concreto auto adensável (CAA). Ele é especialmente indicado para a produção de concretos que exigem altas resistências iniciais, reduções significativas no uso de água e alta fluidez. A dosagem recomendada desse aditivo é de 0,3% a 1,5% da massa do cimento utilizado. Na Tabela 5 são apresentados os dados de sua ficha técnica.

Tabela 5– Dados técnicos do aditivo superplastificante.

Base química	Solução de policarboxilatos em meio aquoso
Aspecto/ cor	Líquido marrom
Ph	4,5 ± 1,0
Dosagem recomendada	0,3 a 1,5% sobre o peso do cimento
Densidade	1,07 kg ± 0,02 kg/L

Fonte: Sika (2019).

4.1.4.2 Aditivo acelerador

Durante a preparação dos traços de concreto, utilizou-se um aditivo acelerador à base de sais inorgânicos. De acordo com as informações fornecidas pelo fabricante, esse aditivo é recomendado para a produção de concretos simples ou armados que necessitam de um endurecimento rápido, especialmente em calçadas, pisos, reparos urgentes, apoio de máquinas e em serviços onde uma rápida liberação da área seja necessária. A dosagem recomendada desse aditivo é de 0,5% a 2,0% da massa do cimento utilizado. Os dados técnicos do aditivo podem ser encontrados na Tabela 6.

Tabela 6 – Dados técnicos do aditivo acelerador.

Base química	Solução de sais inorgânicos
Aspecto/ cor	Líquido amarelo
Ph	6,0 ± 1,0
Dosagem recomendada	0,5 a 2,0% sobre o peso do cimento
Densidade	1,35 kg/L

Fonte: Sika (2017).

4.1.5 Traço referência

Proporção dos agregados em relação ao cimento utilizado assim como a relação água/cimento do concreto. Baseou-se o cálculo do traço no artigo de Coelho, Maciel e Pereira (2020). O traço utilizado como referência para a análise deste trabalho, está apresentado na tabela 7, com valores em massa, para a produção de 1 m³ de concreto.

Tabela 7– Componentes do traço referência.

Cimento (Kg)	Brita 1 (Kg)	Areia (Kg)	Água (L)
455	925	849	205

Fonte: Coelho; Maciel e Pereira (2020).

O traço foi ajustado em sua quantidade, de acordo com a proporção da capacidade da betoneira (25 litros), com a relação A/C final de 0,46.

Na tabela 8 são apresentadas as quantidades dos agregados que foram utilizados no traço. A dosagem dos aditivos será conforme suas fichas técnicas.

Tabela 8 – Componentes do traço utilizado.

Cimento Kg)	Brita 1 (Kg)	Areia (Kg)	Água (L)

11,47	22,85	20,97	5,3
-------	-------	-------	-----

Fonte: Autores (2023).

4.2 Ensaio de abatimento de tronco (*slump test*)

O índice de consistência será avaliado nos tempos 0, 10, 20 e 30 minutos, seguindo as recomendações da NBR NM 67 (ABNT, 2020).

O *slump* referência será obtido no momento da produção do concreto, *slump* esse sem o uso de aditivo. A Figura 3 mostra o preparo para a realização do teste.

Figura 3 – Ensaio do *Slump Test* (abatimento).



Fonte: Autores (2023).

4.3 Moldagem dos corpos de prova e ensaio de compressão

A moldagem dos corpos de prova e os ensaios de compressão foram realizados seguindo as recomendações descritas nas NBR 5738 (ABNT, 2016) e NBR 5739 (ABNT, 2018),

respectivamente. A avaliação da resistência à compressão foi realizada nas idades de 1, 3 e 7 dias, com duas amostras por aditivo. Ao todo, foram confeccionados 12 corpos de prova (seis corpos de prova para cada aditivo) cada um com diâmetro de 10 cm e altura de 20 cm, conforme as especificações das normas técnicas, conforme mostra a Figura 4. Os ensaios foram realizados no laboratório de uma empresa parceira. A moldagem dos corpos de provas para a realização do ensaio resistência à compressão, será feita após a verificação do *slump* no tempo 0 para cada aditivo utilizado.

Figura 4 – Preparo dos corpos de prova.



Fonte: Autores (2023).

5 ANÁLISE DE RESULTADOS

Os resultados obtidos encontram-se abaixo. Foi realizado o ensaio de abatimento de tronco e modelagem dos corpos de provas para a realização do teste de resistência à compressão, em um traço convencional.

5.1. Abatimento (*slump test*)

O experimento começou com a verificação do *slump* padrão sem aditivo e foi verificado um abatimento de 15 cm, com isso, foi colocado o *slump* 15+/- 2 cm, como referência.

Na produção do concreto com aditivo acelerador, utilizou-se 0,58% sobre a massa do cimento, ou seja, foram utilizados 64 ml do aditivo. A Tabela 9 mostra os resultados do abatimento para as amostras com aditivo acelerador.

Tabela 9 – resultados do abatimento com o aditivo acelerador.

Tempo (minutos)	Slump (cm)
0	17
10	16
20	14,5
30	13,5

Fonte: Autores (2023).

A quantidade do aditivo superplastificante utilizado correspondeu a 0,13% em relação à massa do cimento, o que equivale a 15 ml. Os resultados do teste são apresentados na tabela 10.

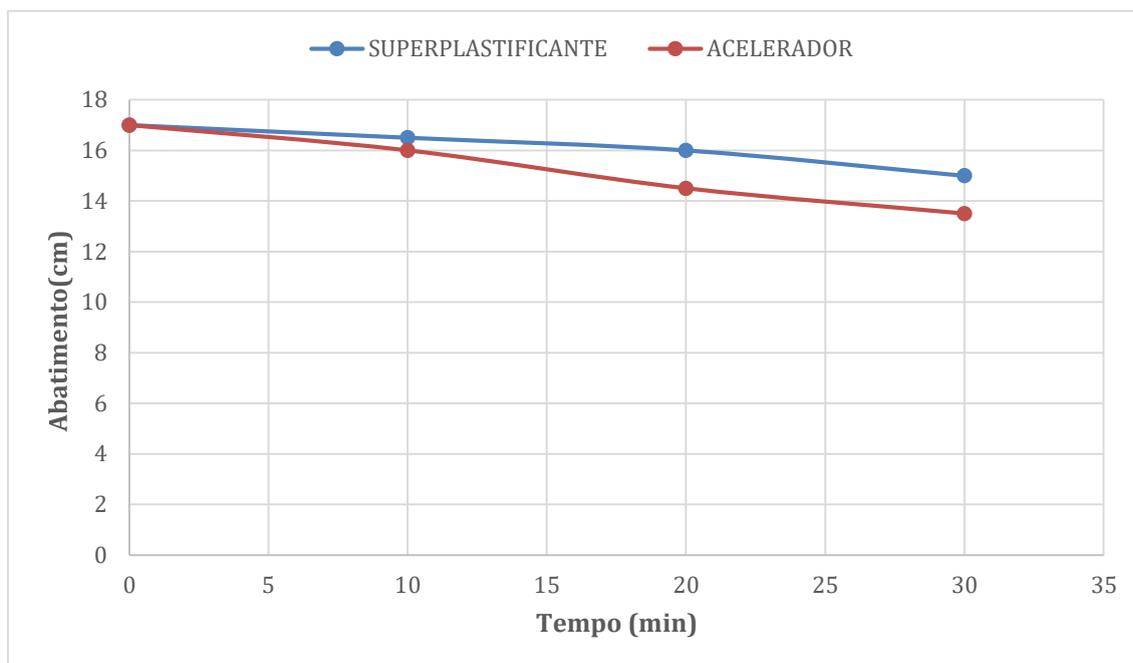
Tabela 10 - resultados do abatimento com o aditivo superplastificante.

Tempo (minutos)	Slump (cm)
0	17
10	16,5
20	16
30	15

Fonte: Autores (2023).

Na Figura 5 apresenta um comparativo do ensaio entre os dois aditivos.

Figura 5 – Comparação dos resultados do abatimento.



Fonte: Autores (2023).

Observa-se que os dois aditivos apresentaram um comportamento semelhante, o abatimento permaneceu constante para o superplastificante conforme o esperado, e o acelerador teve uma redução a partir do tempo 10 no seu abatimento.

Alves *et. al* (2019) realizaram um estudo e analisaram o abatimento do concreto fresco submetido a diferentes teores de aditivo superplastificante e observou-se que o concreto com a 0,13% de superplastificante apresentou um abatimento de 12,5cm.

Comparado os resultados deste trabalho com os de Alves *et. al* (2019), verifica-se que apresentou maior resultado de abatimento (17 cm) para o presente estudo.

Schereen *et al.* (2017) estudaram a influência de aditivos superplastificantes (0,4 e 0,8%) a base de policarboxilato na resistência a compressão e propriedades no estado fresco de um cimento Portland, e obtiveram como resultados aumento na fluidez com incorporação de aditivo.

Sendo assim, o estudo de Schereen *et al.* (2017) corrobora com os resultados deste estudo.

Os superplastificantes promovem a dispersão dos grânulos de cimento, deixando que a água fique disponível, promovendo a maior fluidez da mistura (MELO *et al.*, 2009). Dessa forma, os valores para o abatimento do superplastificante são maiores que os resultados do acelerador.

5.2. Resistência à compressão

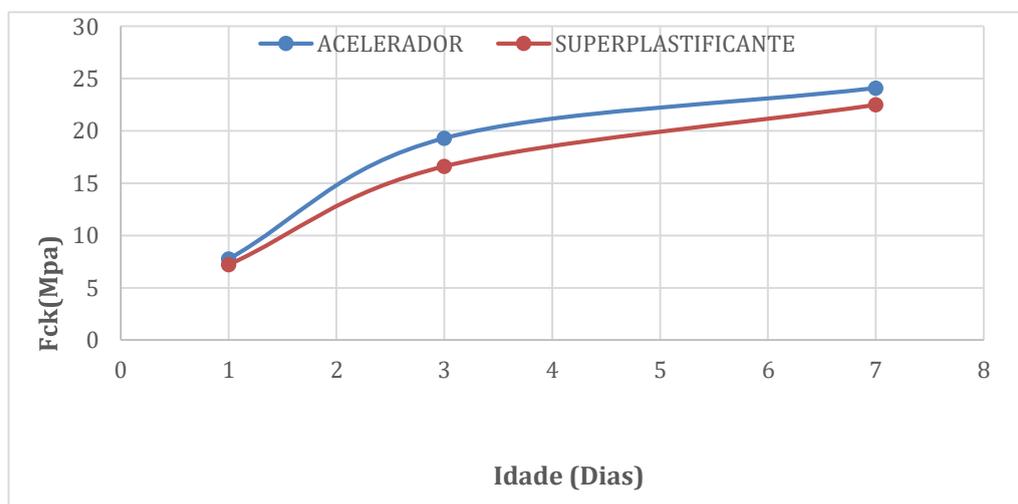
Os resultados da resistência à compressão encontram-se logo a seguir.

Tabela 11 – Resistência à compressão das amostras com aditivos.

ADITIVOS	IDADES	FCK (MPA)
SUPERPLASTIFICANTE	1	7,21
		7,14
	3	16,62
ACELERADOR	3	14,20
		22,50
	7	20,78
ACELERADOR	1	7,75
		6,52
	3	19,29
7	16,26	
		24,09
		21,94

Fonte: autores (2023).

Figura 6 – Resultados da resistência à compressão.



Fonte: Autores (2023).

Benetti (2007) realizou um estudo, onde analisou diferentes dosagens de acelerador e a resistência à compressão em diferentes idades do concreto. Verificou-se que com 0,58% do

aditivo, a resistência inicial foi de 16 MPa em 2 dias e com 7 dias apresentou 25 MPa. Dessa forma, observa-se que o comportamento de ambos estudos foram semelhantes para a mesma quantidade de aditivo e idades.

Espera-se que o acelerador tenha uma resistência inicial maior nos primeiros dias, uma vez que ele acelera as reações químicas entre o cimento e a água.

Para Neville e Brooks (2013), o uso de acelerador não há danos à resistência final do concreto, enquanto que sua resistência inicial é aumentada com todos os tipos de cimento Portland.

O aditivo superplastificante, quando utilizado corretamente a longo prazo, é possível se obter uma resistência maior, como também conferir uma maior durabilidade ao concreto. Segundo Gasparin (2017, p. 27), também "os aditivos redutores de água além de influenciar positivamente nas taxas de hidratação do cimento, contribuem consideravelmente para o ganho de resistência inicial, e influenciam no ganho de resistência final."

Os resultados mostraram que o concreto com o uso de superplastificante apresentou uma resistência inicial semelhante ao concreto com o acelerador, pois segundo a ficha técnica do produto (SIKA-VISOCRETE-5700), é especialmente indicado para a produção de concretos que requerem altas resistências iniciais e excelente fluidez. Por isso, que o superplastificante e o acelerador apresentaram a mesma resistência em 1 dia. Logo em seguida, o concreto com acelerador foi aumentando gradualmente a sua resistência, sendo maior que o concreto com superplastificante.

Com esse comportamento do concreto com superplastificante pode-se classificá-lo, segundo NBR11728 (ABNT, 2011) como superplastificante tipo II, pois são compostos de polímeros (solução de policarboxilato em meio aquoso) e ainda como superplastificante acelerador de pega tipo I e II, sendo que segundo os resultados, apresentou a mesma desenvoltura do concreto com acelerador.

Tutikian (2008) relata que os aditivos superplastificantes à base de policarboxilatos são os mais utilizados nos concretos autoadensáveis, pois melhoram sensivelmente a dispersão das partículas de cimento quando comparados aos aditivos de primeira e segunda geração. Isso ocorre porque os superplastificantes tradicionais são baseados em polímeros que as partículas de cimento adsorvem e que se acumulam em sua superfície.

Tutikian (2008) ainda diz que os superplastificantes são os mais aconselhados para a utilização no CAA (Concreto auto adensável), por serem aditivos superplastificantes de alta eficiência que dispersam e desfloculam as partículas de cimento. Assim, permitem a redução da água das misturas em até 40%, mantendo a mesma trabalhabilidade.

Espera-se que concretos com o uso do acelerador apresentem altas resistências iniciais, no entanto, isso não foi observado no presente trabalho.

O estudo de Benetti (2007) mostrou que o aumento da dosagem de acelerador (4%), aumenta consideravelmente a resistência inicial do concreto (18 MPa em 2 dias), alcançando 36 MPa em 28 dias. Sendo assim, é importante o ajuste da dosagem deste aditivo para alcançar os resultados desejados, bem como fazer mais testes com o aumento dos dias (até 28 dias).

Foi utilizado o acelerador SIKA 3 PLUS, porém foi observado que o mesmo não foi acondicionado corretamente conforme as orientações do fabricante, pois este já havia sido usado e estava aberto, esses fatores podem ter diminuído a eficiência do mesmo. Dessa forma, não foram alcançados os resultados esperados.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O ensaio de resistência a compressão é um importante procedimento para o controle tecnológico do concreto, porém, apresenta variações nos resultados devido a diversas variáveis que o ensaio possui.

O uso de aditivos é um avanço tecnológico para obter concreto com boa qualidade e desempenho, evitando desperdício e otimização do tempo.

Como objetivo proposto neste trabalho, foram realizadas análise do uso de aditivos, através dos ensaios de abatimento de tronco e resistência. Após a realização, foram construídos gráficos comparativos para melhor análise dos resultados obtidos.

Analisando os resultados da resistência de ambos aditivos, concluímos que o acelerador utilizado não apresentou um comportamento esperado, pois não teve um bom desempenho na sua resistência inicial que deveria ser mais alta.

Quanto ao teste de abatimento de tronco, foi observado que ambos concretos com acelerador e superplastificante, apresentaram boa trabalhabilidade.

Segundo a NBR11728 (ABNT, 2011), os aditivos podem ser usados até 5% da massa cimentícia, sendo assim, pode-se aumentar a quantidade dos aditivos e a realização de mais testes em intervalos de tempo maiores para obter resultados desejáveis e compatíveis com a literatura.

7. REFERÊNCIAS

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR NM 67**: Concreto

– Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7211**: Agregados para concreto – Especificação. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5738** Concreto: Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2016.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5739**: Concreto: Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 11768**: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – requisitos. Rio de Janeiro, 2011.

ABNT - ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CIMENTO PORTLAND. **Boletim Técnico**: Guia Básico de Utilização do Cimento Portland. São Paulo, 2002.

ALMEIDA, PROF. MSC. L. C. **CONCRETO: ESTRUTURAS IV – CONCRETO ARMADO**. Notas de Aula. Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Departamento de Estruturas, Campinas, 2002.

ALVES, S.M.F; BOAS, C. P.V; CAPUCHINHO, F.F.; GANIM, G.R. **Análise do abatimento do concreto fresco submetido a diferentes teores de aditivo superplastificante**. Universidade Estadual de Goiás. 2019.

BENETTI, R. K. **Traços de Concreto Convencional com Incorporação de Aditivo Acelerador de Pega**: Análise da Resistência nas Primeiras Idades. 2007. 61f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul. Ijuí, 2007.

CASTRO, A.L; LIBORIO, J.B.L; PANDOLFELLI, V.C. **Reologia de concretos de alto desempenho aplicados na construção civil** – Revisão. Universidade Federal de São Carlos. 2011.

CIPLAN, **Controle de qualidade de agregados**, disponível em: <https://www.cipla.com.br/>, 2022.

COELHO, A.R.; MACIEL, L.D.; PEREIRA, H.R.S. Estudo das propriedades do concreto convencional com aditivo ou adição de água para correção de consistência. **Revista Matéria**. 2020.

GASPARIN, L. **Avaliação da Influência do Aditivo Plastificante Multifuncional Redutores de Água na Resistência Mecânica do Concreto Dosado pelo Método ABCP**. 2017. 71f. Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) – Centro Universitário Univates. Lajeado, 2017.

GAVA, P. P.; MENEGUETTI, L. C.; DALCANA, P. R.; POSSAN, E. Concreto de normal e alta resistência – definição do teor de aditivo redutor de água e dosagem para materiais da região do oeste do Paraná. **Anais...** do 43º Congresso Brasileiro do Concreto, 2001.

HELENE, P., e ANDRADE, T. (2010). Concreto de Cimento Portland. *In*: G. C. Isaia (org.). **Materiais de Construção Civil e Princípios de Ciência e Engenharia de Materiais**. São Paulo. IBRACON. p. 905-944.

HELENE, Paulo R. L. e TERZIAN, P. **Manual de dosagem e controle do concreto**. São Paulo: Pini, 1993. Acesso em: 10 abr. 2023.

MEHTA, P. K.; MONTEIRO, P. J. M., **Concreto: Microestrutura, Propriedades e Materiais**. 2. ed. São Paulo: IBRACON, 2014.

MELO, K. A.; MARTINS, V. C.; REPETTE, W. L. Estudo de compatibilidade entre cimento e aditivo redutor de água. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 9, n. 1, p. 45-56, 2009.

NEVILLE, A. M., **Propriedades do Concreto**. 5. ed. São Paulo: Bookman, 2016.

NEVILLE, A. M; BROOKS, J. J. **Tecnologia do concreto**. 2. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. p. 78-83; 150-153; 293-319.

REGANATI, B. **A história do concreto**. Blog do concreto. Disponível em: <https://www.concretousinado.com.br/noticias/historia-concreto/>. 2020. Acesso em: 25 maio 2023.

SCHEEREN, S. C.; SALUM, P. L.; KIRCHHEIM, A. P.; RODRÍGUEZ, E. D. Influência de aditivos superplastificantes a base de policarboxilato na resistência a compressão e propriedades no estado fresco de um cimento Portland tipo I. **Revista de Engenharia Civil IMED**, Passo Fundo, v. 4, n. 2, p. 129-141, 2017.

SOBRAL, H. S. **Propriedades do Concreto Fresco**. 6. ed. Associação Brasileira de Cimento Portland. 2000.

TEIXEIRA, R. B.; PELISSER, F. Análise da Perda de Resistência à Compressão do Concreto com Adição de Água para Correção da Perda de Abatimento ao Longo do Tempo. **Revista de Iniciação Científica da UNESC**. 2007.

TEODORO, Sabrina Bastos. **Avaliação do uso da areia de britagem na composição do concreto estrutural**. 2013. 65f. Trabalho de Conclusão (Engenharia Civil) – Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

TUTIKIAN, B. F. Tutikian. **Método para dosagem de concretos autoadensáveis**. São Paulo: Pini, 2008.

VOTORANTIM, **Boletim de ensaio de cimento**, disponível em: <https://www.votorantimcimentos.com.br> 2022.

AVALIAÇÃO DA RAZÃO UNITÁRIA DE PRODUÇÃO PARA OS SERVIÇOS DE ALVENARIA E REBOCO EM OBRAS DE ALTO PADRÃO

EVALUATION OF THE UNITARY PRODUCTION RATIO FOR MASONRY AND PLASTERING SERVICES IN HIGH STANDARD WORKS

RAIZAMA, Ariosvaldo Junio Regis¹; PEREIRA, Gustavo Cândido²; ALENCAR, Klaiston Batista³; SILVA, Verônica Azevedo; TENÓRIO, Helen Oliveira⁵

RESUMO

A utilização de métodos para desenvolvimento de estratégias para melhorar a eficiência de uma obra, pode ser obtida de diferentes maneiras, a RUP sem dúvidas se destaca quando se trata de avaliação de métodos construtivos e frentes de serviços através de comparativo com semelhantes. Fizemos a avaliação e acompanhamento de uma obra de alto padrão em Goiânia, onde obtivemos dados para cálculo das RUPs e assim através de análise e reuniões, chegamos a conclusão de métodos para melhorar o desempenho da obra, nas frentes de serviço analisadas e também, avaliar o melhor método a ser aplicado outrora, em futuras obras. A avaliação da razão unitária de produção para os serviços de alvenaria e reboco em obras de alto padrão é uma etapa importante no planejamento e controle desses tipos de projetos. A razão unitária de produção refere-se à relação entre a quantidade de mão de obra e a quantidade de trabalho realizada em determinada atividade de construção. Uma avaliação precisa da razão unitária de produção permite estimar o tempo necessário para a conclusão de cada atividade, o número de trabalhadores requeridos, os recursos materiais necessários e os custos associados. Essas informações são fundamentais para o dimensionamento da mão de obra, o planejamento do cronograma e o controle dos custos em obras de alto padrão.

Palavras-chaves: Avaliação, Razão Unitária de Produção, Serviços, Alvenaria, Reboco, Obras, Alto Padrão, Planejamento.

ABSTRACT

The use of methods for developing strategies to improve the efficiency of a work can be faced in different ways, the RUP undoubtedly stands out when it comes to evaluating constructive methods and service fronts through comparison with similar ones. We did the evaluation and follow-up of a high standard work in Goiânia, where we obtained data to calculate the RUPs and thus, through analysis and meetings, we reached the conclusion of methods to improve the performance of the work, in the received service fronts and also, to evaluate the best method to be applied once, in future works. The evaluation of the unit production ratio for masonry and plastering services in high-end works is an important step in the planning and control of these types of projects. The unit production ratio refers to the relationship between the amount of labor and the amount of work performed in a given construction activity. An accurate assessment of the unitary production ratio makes it possible to estimate the time required to complete each activity, the number of mandatory workers, the necessary resources and the associated costs. This information is essential for sizing the workforce, planning the schedule and controlling costs in high-end works

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: junio.kira@gmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: cngusttavo@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: klaistonbatista@gmail.com

⁴ Acadêmica do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: Veronicaazsilva2806@gmail.com

⁵ Orientadora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: Helen.tenorio@facunicamps.edu.br

Keywords: Evaluation, Unitary Production Ratio, Services, Masonry, Plastering, Works, High Standard, Planning.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com dados atuais, o serviço de construção civil tem se destacado em relação ao PIB brasileiro, ficando atrás apenas de áreas como saúde e educação. De acordo com o IBGE (Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística) existem cerca de 7,4 milhões de brasileiros, em atividade na área da construção civil. Torna-se nítido a necessidade das criações de novas tecnologias e de desempenho da área, por conta de sua tamanha importância.

A construção civil passou por uma nítida evolução ao longo de toda sua história, mas a necessidade de se renovar a cada dia, surge juntamente com as inovações diárias, inclusive de processos de produção mais eficientes. Logo verifica-se que surgem necessidades de um gerenciamento de obras mais eficiente e eficaz, em busca de métodos construtivos que evitem ao máximo, danificar o ambiente, também para que os custos de uma obra sejam reduzidos em relação ao seu tempo em atividade.

Muitas empresas não se dedicam a criação de métodos para melhor gestão da produtividade em suas obras, isso resulta em desperdício de material, por conta da falta de racionalização da produção, utilizando métodos tradicionais de construção civil.

O principal intuito deste estudo é aplicar o método na gestão da produtividade em frentes de trabalho, em uma construção civil, utilizando o método da Razão Unitária de Produção (RUP) para medir os fretes de serviço de alvenaria e reboco em uma obra em Goiânia. Com isso foi levantado a RUP de uma obra de alto padrão, visando o comparativo da RUP diária com a potencial.

Existem métodos para padronização na mensuração da produtividade, para que assim seja de fácil comparação com outras obras. A utilização da metodologia de Razão Unitária de Produção (RUP) em métodos construtivos, continua sendo uma realidade distante, torna-se necessário a apresentação desse método como destaque para que as empresas possam iniciar as análises com o método, resultando em maior produtividade, eficácia e menor desperdício possível de material.

Os objetivos principais do trabalho são:

- obter a R.U.P (Razão Unitária de Produção) nas frentes de serviço, em uma obra de alto padrão na cidade de Goiânia. Foi utilizado uma forma para separação em tópicos dos métodos utilizados ao longo deste trabalho:
- Medição de RUP diária para as frentes de serviço de Alvenaria e Reboco;
- Obtenção da RUP potencial para as frentes de serviço;
- Construção de gráficos com RUP diária, acumulativa e potencial;
- Analisar meios que podemos utilizar para melhoria da produtividade nas frentes de serviço.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Ao longo dos últimos anos muitos autores se dedicaram a produzir trabalhos relacionados a Produtividade na Construção Civil e esse termo acabou se conceituando de várias formas a partir de cada autor que o cunhou (CHRISTIAN RODRIGUES, 2016), isto porque, a indústria da construção não demonstrou tanta evolução quanto a racionalidade de seus recursos, incluindo os objetos deste estudo que são alvenaria e reboco.

Nos últimos doze anos, a indústria da construção civil alcançou em média uma participação de aproximadamente 5,1% no Produto Interno Bruto (PIB) nacional (FERNANDO NETO et al., 2015). Além disso, dados do IBGE (2016) revelam que o setor foi responsável por empregar 8,48% dos trabalhadores brasileiros em 2015. Devido à sua representatividade na economia do país e no mercado de trabalho, é importante realizar estudos para aprimorar o seu desenvolvimento.

Conforme Santos (2004), a necessidade de medição do desempenho de produtividade, torna-se necessário para que as empresas responsáveis se situem no mercado que apresenta grande variabilidade quando se trata de mão-de-obra, levantando questões, que podem ser resolvidas, através de indicadores que situam em relação ao valor, situando entre baixo, médio e alto.

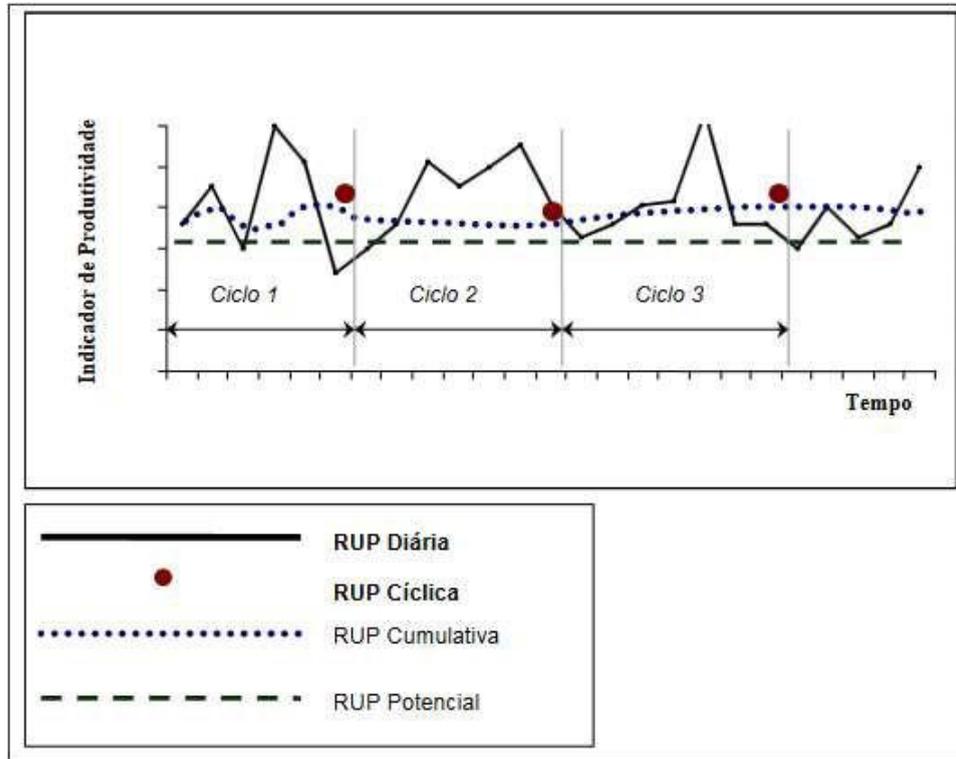
Souza (1996) conceitua produtividade como um processo de entrada e saída, entre recursos gerando produtos.

No canteiro de obras, uma maneira de calcular o que se produz, por exemplo nos serviços de alvenaria ou reboco e sintetizar um indicador de produtividade é por meio da R.U.P (RAZÃO UNITÁRIA DE PRODUÇÃO) (SOUZA, 2006), dada pela razão de horas trabalhadas por quantidade de serviço produzido. Aplicando na construção, o tempo que um profissional, ou equipe, gasta produzindo em “x” metros quadrados.

Araújo e Souza (2001) afirmam que, a partir desse conceito de entrada e saídas, pode-se obter diferentes índices de acordo com o período em que foi realizado a coleta de dados em determinado serviço, como mostra a Figura 1 abaixo. Pode-se medir RUP com base diária (calculada a partir dos valores de homens-hora e quantidade de serviço relativos ao dia de trabalho em análise); RUP cumulativa (calculada a partir dos valores de homens-hora e quantidade de serviço relativos ao período que vai do primeiro dia em que se estudou a determinada frente de serviços até o dia em questão); pode-se medir RUPs cíclicas, em que se analisa o ciclo de execução de um determinado serviço, como, por exemplo, a execução de alvenaria de um certo pavimento-tipo; e pode-se obter a RUP potencial, que é calculada como a mediana das RUPs diárias, cujos valores estejam abaixo do valor da RUP cumulativa ao final do período de estudo.

Ainda segundo os mesmos autores, a RUP diária mostra as variações que ocorrem no dia a dia da obra, a RUP cumulativa mostra tendências de longo prazo sobre o que se produz, podendo ser útil para previsões do serviço analisado, já a RUP potencial demonstra um valor do que se produz potencialmente obténível para um determinado serviço.

Figura 1 – Diferentes tipos de RUP

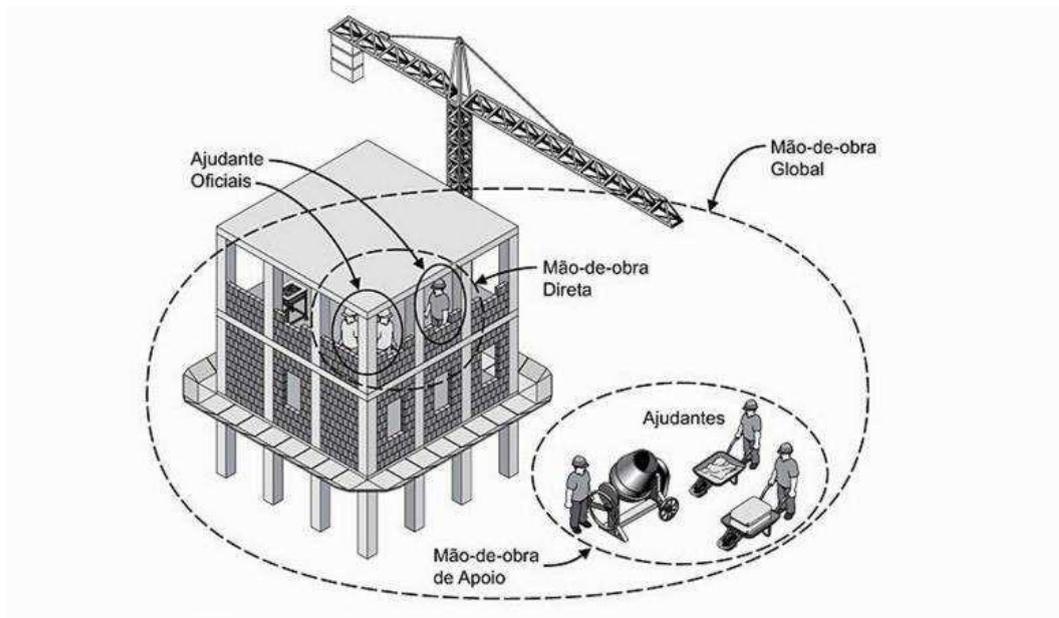


Fonte - Araújo e Souza (2001)

Como a Razão Unitária de Produção é uma relação entre Entradas e Saídas, é necessário entender o que é relacionado a cada uma, respectivamente.

Araújo e Souza (2001) diz para distinguir as equipes alocadas na obra como sendo Direta e Indireta ou de Apoio, Figura 2. Souza (2006) aponta a necessidade de se padronizar formas se quiser obter indicadores confiáveis, são quatro formas: quais profissionais estão inseridos na avaliação; quantidade de horas de trabalho; a quantificação do serviço; a definição do período de tempo ao qual as mensurações de entradas e saídas se referem.

Figura 2 - Diferentes abrangências quanto à mão-de-obra contemplada.



Fonte - Souza (2006)

Segundo Souza (2006), esse arranjo cria formas de organização da mão-de-obra, seriam: oficiais, responsáveis pela execução final de determinado serviço; ajudantes diretos ao grupo dos oficiais; mão-de-obra de apoio para quando o esforço de apoio é acrescido ao da mão-de-obra direta.

A análise de entrada e saída de determinados serviços, torna-se necessário que a empresa responsável tenha convicção dos dados a serem analisados e também do método utilizado para que a pesquisa tenha validade. Importante ressaltar que a quantificação da mão-de-obra necessária para tais serviços, também sejam calculadas, expressadas por homem-hora demandada. (SOUZA, 2000).

SINAPI (2013) informa sobre alvenaria que é uma das frentes de serviço deste estudo “as alvenarias de vedação são destinadas à compartimentação de espaços, preenchendo os vãos de estruturas de concreto armado, aço ou outras estruturas.”

A ABNT (1995) irá definir o reboco como sendo uma “camada de revestimento utilizada para cobertura do emboço, propiciando uma superfície que permita receber o revestimento decorativo ou que se constitua no acabamento final.”

A seguir será apresentado RUPs disponibilizadas na literatura.

Araújo e Souza (2001) produziram um estudo acompanhando 9 obras de múltiplos pavimentos na cidade de São Paulo, mas com características semelhantes à deste estudo que produzira novos resultados, a fim de conclusões confiáveis. Abaixo a Tabela 2 com as RUPs aferidas, focando em alvenaria de vedação com tijolo cerâmico de equipes diretas.

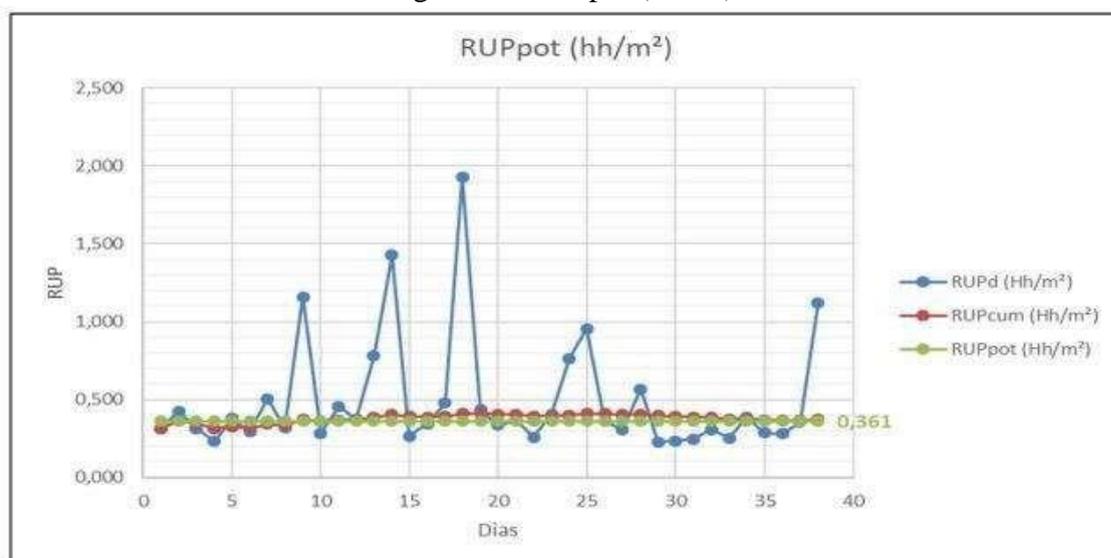
Tabela 1 - Resultados de RUP da alvenaria de vedação por Araújo e Souza - 2001

Obra	RUP potencial Hh/m ²	RUP cumulativa Hh/m ²
SP 08	0,80	0,95
SP 17	0,91	1,12
SP 28	1,18	1,39
SP 34	0,74	0,92
SP 37	0,83	1,11
SP 62	0,90	1,45
SP 73	0,77	1,00
Mínimo	0,74	0,92
Máximo	1,18	1,45
Mediana	0,83	1,11

Fonte – Adaptado de Araújo e Souza (2001, p.20)

Para a frente de reboco Nascimento (2019), que produziu um trabalho em quatro frentes de serviço em uma obra localizada também no município de Goiânia, reboco interno sendo uma delas, ao longo de 38 dias, obteve o resultado para RUP potencial que segue na Figura 3.

Figura 3 – RUPpot (hh/m²)



FONTE – NASCIMENTO (2019, p. 50)

Portanto, este estudo tem como objetivo melhorar o planejamento em pequenos empreendimentos na cidade de Goiânia/GO. Ao medir a produtividade dos serviços envolvidos na construção e confrontá-la com os dados disponibilizados em planilhas orçamentárias, é possível aprimorar a qualidade das decisões relacionadas à gestão desses serviços. Em outras palavras, esse estudo busca impulsionar a transformação e a adaptação da construção civil na cidade.

3. METODOLOGIA

3.1. Método de Pesquisa, Instrumentação da Coleta e Análise de Dados

Este trabalho foi desenvolvido em um estudo de campo. A fim de assegurar a confiabilidade dos resultados, foi necessário selecionar uma obra que cumprisse certos critérios, permitindo a coleta eficaz dos dados necessários. Uma vez garantida uma coleta adequada, os dados foram tratados e, em seguida, realizou-se uma análise que possibilitou a obtenção dos resultados. Assim, optou-se por escolher uma obra que atendesse aos seguintes requisitos: contar com um responsável pelo levantamento dos serviços selecionados e apresentar esses serviços em execução durante o período de coleta de dados. Essas medidas visaram assegurar que a coleta fosse realizada de maneira adequada e precisa.

3.2. Sobre a Análise de Dados

A metodologia empregada consiste em medir a quantidade produzida por três serviços previamente selecionados: elevação de alvenaria, reboco interno e externo. Em seguida, calcula-se a produtividade de cada equipe e realiza-se uma análise crítica dos resultados obtidos, isso, através do método de cálculo apresentado na Fundamentação Teórica. A escolha desses serviços baseou-se na fase em que a obra se encontra, bem como no fato de serem serviços com alto volume de produção e predecessores de diversos outros serviços. É importante estimar de forma precisa os custos e prazos de produção envolvidos, a fim de não prejudicar os indicadores físico-financeiros do projeto.

Para levantar os indicadores de cada serviço mencionado, foram medidas as quantidades produzidas por equipe, o número de colaboradores envolvidos em cada serviço e o tempo despendido pela equipe na execução do trabalho; tais medições alimentaram as planilhas construídas para satisfação dos Objetivos Específicos deste estudo. Uma vez obtidos esses dados, eles foram relacionados com base nos conceitos abordados neste estudo.

Segue Planilha Modelo construída para alimentação dos dados, após a coleta, para cada uma das frentes de serviço:

TABELA 2 – TABELA MODELO

LEVANTAMENTO RUP						
DATA	M2/DIA TOTAL	H/DIA TOTAL	Nº DE COLABORADORES	RUP DIÁRIA	RUP ACUMULATIVA	RUP POTENCIAL

FONTE – O AUTOR

LEGENDA

- M2/DIA TOTAL – Total de metros quadrados, feitos ao longo do dia;
- H/DIA TOTAL – Quantidade de horas trabalhadas por dia;
- Nº DE COLABORES – Quantidade de colaboradores atuando na equipe no dia;
- RUP DIÁRIA - Cálculo de RUP (Razão Unitária de Produção) do dia - $(RUP = \frac{x \text{ Horas} \cdot x \text{ homens}}{x \text{ m}^2} = x \text{ Hh/m}^2)$;
- RUP ACUMULATIVA - Média do RUP (Razão Unitária de Produção) dos dias analisados $(RUP_{acm} = \frac{\text{All K Hh/m}^2}{\text{Quantidade de dias analisados}})$;
- RUP POTÊNCIAL - O potencial de RUP (Razão Unitária de Produção), calculado para que seja atingido pela equipe responsável pela frente de serviço). Todas as RUP diárias que ficaram abaixo da acumulativa, apontam uma alta na produtividade, utilizando a média de todos esses que passaram da acumulativa, nós conseguimos a RUP potencial. Aquela que é utilizada como um indicador daquilo que a equipe tem capacidade de atingir

3.3. Frentes de Serviços Escolhidas

As frentes de serviço em uma obra podem variar de acordo com o tipo de projeto e o estágio em que a construção se encontra. O tijolo cerâmico utilizado na obra, sendo alvenaria de vedação, com pé direito duplo de 3,20 em grande parte da obra, durante o acompanhamento foi verificado as alturas correspondentes de cada serviço, varia de acordo com a área que se torna necessário a utilização, de acordo com os projetos estruturais, porém, a área que foi analisada utilizou o tijolo padrão de 9x14x29 e tijolos utilizados na horizontal.

Já a frente de serviço de reboco consiste em aplicar uma camada de argamassa nas paredes e superfícies de alvenaria para nivelar e prepará-las para a etapa de acabamento. O reboco pode ser interno (nas paredes internas) ou externo (nas fachadas) e tem como objetivo criar uma superfície uniforme e lisa para receber o revestimento final. Em relação a espessura do reboco, torna-se necessário também analisar a reenquadração, mas para podermos analisar

com mais precisão e exatidão foi escolhido locais da obra onde se mantem um padrão de espessura de 3 a 4 cm.

3.4. RUP (Razão Unitária de Produção)

A medição da RUP para os serviços será com base na mão-de-obra, que se calcula da seguinte forma: (hora x homem) /m²; ou seja, o tempo que o indivíduo leva para realizar determinado serviço. As medições foram em horário de serviço, portanto de Segunda a Quinta: 08:00 às 12:00 - 13:00 às 17:00 e Sexta: 08:00 às 12:00 - 13:00 às 16:00. É importante observar em qual momento do dia a coleta das rup's será realizada, pois a disposição/desempenho do profissional varia conforme as horas de trabalho que se decorre. Lembrando que a precisão dos resultados dependerá da precisão das medições e das amostras utilizadas. É considerável coletar e registrar dados precisos para obter uma imagem confiável da eficiência e produtividade do processo de produção. Foi empregada mão de obra terceirizada para a execução do reboco interno e externo, sendo importante destacar que essa decisão está relacionada às estratégias de planejamento da obra. Já para o serviço de elevação de alvenaria, foi utilizada mão de obra própria. O colhimento de dados em campo teve a duração de 10 (dez) dias úteis, com uma única equipe para tirar as amostragens.

3.5. Características da Obra

A edificação em estudo é horizontal de alto padrão residencial com 553,51 m², 2 pavimentos, no município de Goiânia. Os dados foram coletados a partir das frentes de: alvenaria construída com tijolo cerâmico, e o reboco que é uma camada lisa e impermeabilizante e é constituído de argamassa.

A seguir, na Figura 1, será apresentado o projeto 3D da obra analisada, projeto esse desenvolvido e sendo executado de acordo com tudo que foi projetado:

FIGURA 4 – Projetos 3D



FONTE – DOCUMENTOS DA OBRA

Em sequência, na Figura 2, mais uma foto do projeto 3D da obra analisada, por outra perspectiva:

FIGURA 5 – Projetos 3D



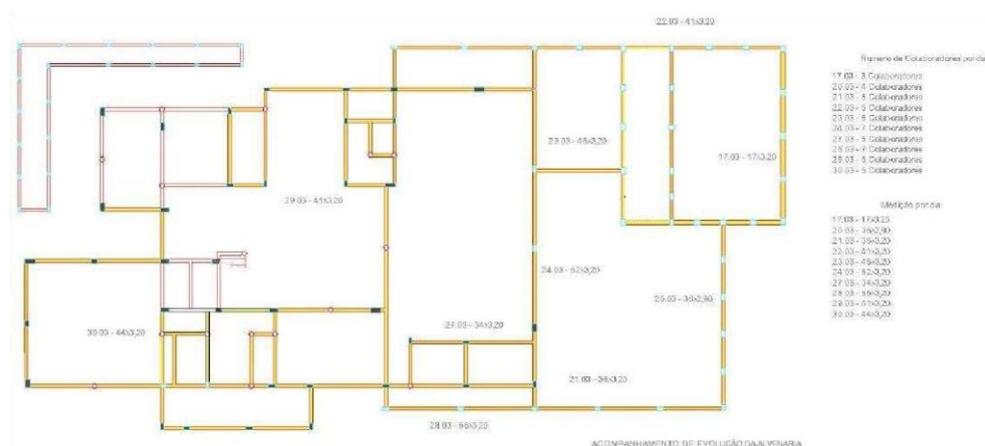
FONTE - DOCUMENTOS DA OBRA

4. LEVANTAMENTO E ANÁLISE DE DADOS

3.6. Alvenaria

Durante o processo de elevação de alvenaria, é comum utilizar uma referência marcada com uma linha, que também é elevada à medida que a alvenaria vai subindo. Essa linha auxilia os colaboradores na execução do serviço. Em observações feitas em obras, foi notado que os colaboradores utilizam uma bisnaga para realizar o trabalho, o que resulta na redução do desperdício de argamassa durante o processo. O uso desse equipamento tem um impacto direto na produtividade do colaborador, além de proporcionar um serviço mais limpo. À medida que a alvenaria vai subindo, o pedreiro também utiliza um prumo de nível para garantir que a alvenaria esteja nivelada e reta, evitando qualquer inclinação indesejada. Será apresentado em sequência, o croqui utilizado durante a obra para os levantamentos da alvenaria executada e analisada:

FIGURA 6 - LEVANTAMENTO ALVENARIA



FONTE – O AUTOR

Foi realizado todo levantamento e todo planejamento das áreas que seriam realizadas os primeiros levantes de alvenaria, como defino, durante os dez dias, foi realizado o levantamento em campo de toda área construída. É importante destacar que a alvenaria em uma casa de alto padrão exige um alto nível de habilidade técnica e conhecimento das técnicas de construção adequadas. Portanto, é recomendado contar com profissionais qualificados e experientes, como

engenheiros e pedreiros especializados em alvenaria, para garantir um resultado de qualidade. O acompanhamento de uma frente de serviço de alvenaria em uma casa de alto padrão envolve várias etapas para garantir que o trabalho seja realizado de maneira adequada e de acordo com os padrões de qualidade.

A seguir, iremos apresentar os dados e cálculos, tabelados, levando em conta a mão de obra direta, apresentando assim a RUP potencial, RUP acumulativa e RUP diária da Alvenaria:

TABELA 3 – RUP ALVENARIA

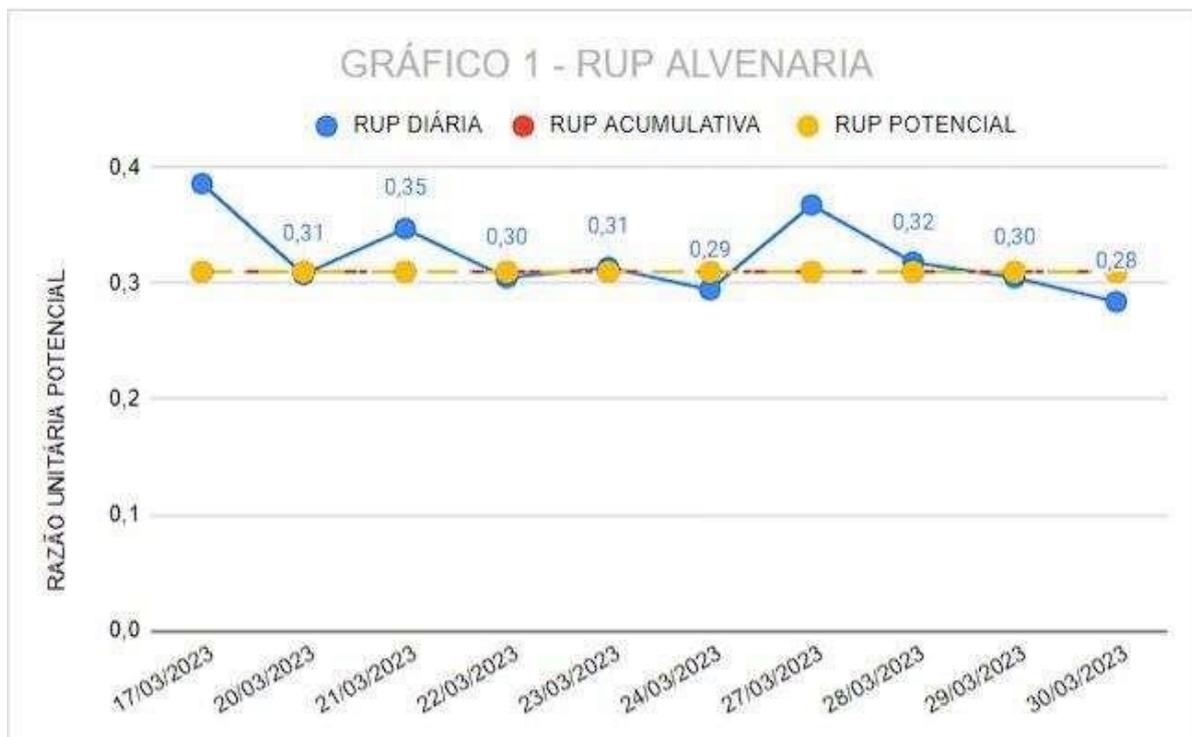
LEVANTAMENTO RUP- ALVENARIA - OBRA ALDEIA DO VALE						
DATA	M2/DIA TOTAL	H/DIA TOTAL	Nº DE COLABORADORES	RUP DIÁRIA	RUP ACUMULATIVA	RUP POTÉNCIAL
17/03/2023	54,4	7	3	0,39	0,31	0,29
20/03/2023	104,0	8	4	0,31	0,31	0,29
21/03/2023	115,2	8	5	0,35	0,31	0,29
22/03/2023	131,2	8	5	0,30	0,31	0,29
23/03/2023	153,0	8	6	0,31	0,31	0,29
24/03/2023	166,4	7	7	0,29	0,31	0,29
27/03/2023	108,8	8	5	0,37	0,31	0,29
28/03/2023	176,0	8	7	0,32	0,31	0,29
29/03/2023	131,2	8	5	0,30	0,31	0,29
30/03/2023	140,8	8	5	0,28	0,31	0,29

FONTE – O AUTOR

Com base nos dados anotados e conferidos, pode-se prosseguir para os cálculos das RUP's usando as informações coletadas durante o acompanhamento do processo de alvenaria na obra. Utilizando os cálculos apresentados anteriormente, determinamos a RUPcum e a RUPpot para que se possa compará-las com a produção diária coletada. Essa análise permite identificar fatores que estão interferindo na obtenção da melhor produtividade possível. Ao calcular a RUPcum, se considera a quantidade total de trabalho concluído até o momento e a quantidade total de recursos empregados nesse trabalho. Isso dá uma medida da eficiência geral do processo de alvenaria. Por outro lado, a RUPpot fornece a eficiência específica em relação a uma unidade de trabalho ou recurso. No contexto de uma equipe de alvenaria, é importante garantir uma boa comunicação e coordenação entre os membros, assim como um ambiente de trabalho seguro. O trabalho em equipe eficiente contribui para a qualidade e o progresso adequado das atividades de alvenaria.

A seguir, será apresentado o gráfico com os dados calculados anteriormente na Tabela 1, assim possibilitando a análise de como está o rendimento da frente de serviço analisada:

GRÁFICO 1 – RUP ALVENARIA



FONTE – O AUTOR

Verifica-se que a RUPcum, que representa a tendencia geral do que a equipe produz, obtida foi de 0,31Hh/m² e que a RUPpot, representando a produção que é possível ser alcançada pela equipe, foi de 0,29Hh/m².

Analisando o gráfico, pode-se notar que nos dias 17, 21 e 27, a RUPdia ficou com índices acima das demais, por motivos de: dia 17 a equipe estava em menor número e por ser uma sexta-feira, ainda tiveram menos uma hora para desempenho no trabalho; no dia 21 por falta de abastecimento de água; dia 27 ao final do expediente houve falta de tijolos cerâmicos para trabalho e como no cálculo da rup prevê “o tempo em que o operário esteve na obra disponível para o trabalho” Araújo e Souza (2001) ainda que não tenha os demais recursos para execução, esse detalhe afetou o índice diário. Lembrando que índices mais altos significa menor produção e índices mais baixos significa maior produção.

Vale ressaltar que no dia 28, apesar de terem 7 na equipe num dia de expediente normal, a equipe não teve o desempenho esperado, poderia ter produzido mais do que entregou, que pode ser justificado pela rotatividade que houve na equipe naquele dia.

Já nos dias 24 e 30 pode-se observar resultados acima do esperado, sendo respectivamente: no dia 24, apesar de ser outra sexta-feira, a equipe, diferente do dia 17, estava somando 7 colaboradores na equipe, o que justifica tal desempenho; e no dia 30 a equipe se superou com a equipe sendo composta por 5 colaboradores e nenhuma intercorrência diária. Nos dias em que a equipe se supera, quando não há intercorrências, a justificativa são as “Tarefas”,

FONTE – O AUTOR

Em sequência, na Figura 8, mostramos a execução de reboco interno em andamento:

FIGURA 8 - EXECUÇÃO REBOCO INTERNO.



FONTE – O AUTOR

O acompanhamento do reboco interno em uma obra de alto padrão é uma etapa essencial para garantir a qualidade do acabamento e o atendimento aos padrões estéticos e técnicos exigidos. Esse processo envolve o monitoramento e controle detalhado de cada fase do reboco interno, desde a preparação até a conclusão, com o objetivo de assegurar que todas as etapas sejam executadas corretamente e de acordo com as especificações do projeto.

A seguir, iremos apresentar os dados e cálculos, tabelados, apresentando assim a RUP potencial, RUP acumulativa e RUP diária do Reboco Interno:

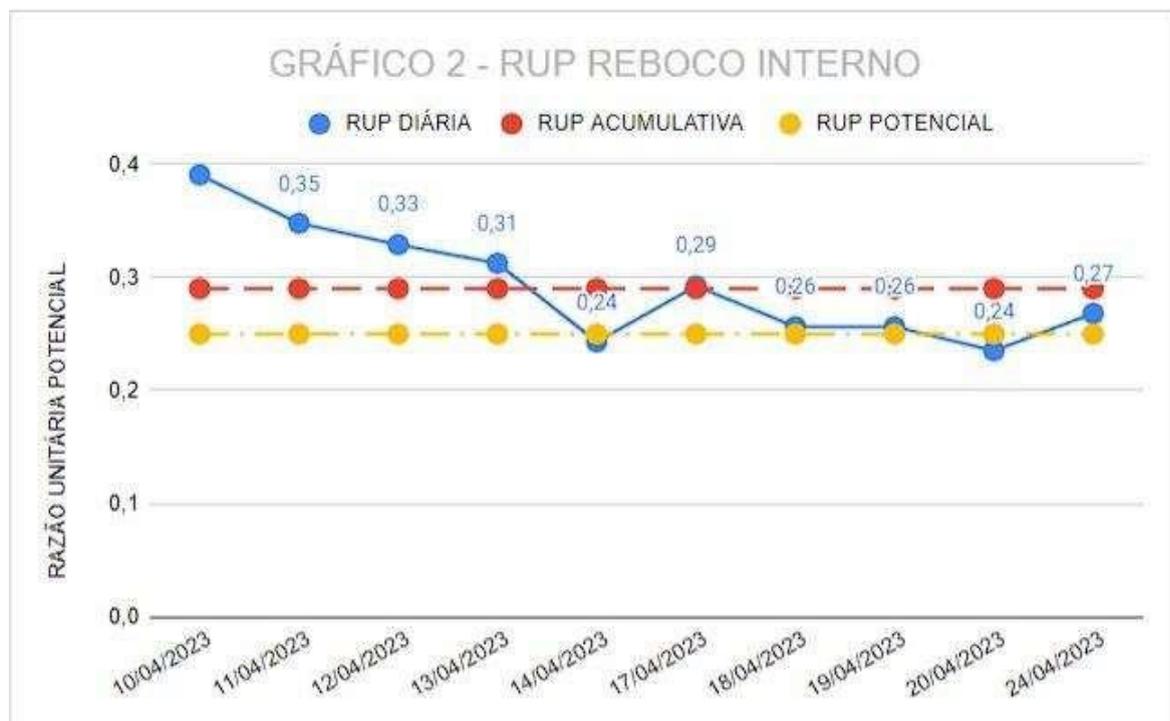
TABELA 4 – LEVANTAMENTO REBOCO INTERNO

LEVANTAMENTO RUP- REBOCO INTERNO - OBRA ALDEIA DO VALE						
DATA	M2/DIA TOTAL	H/DIA TOTAL	Nº DE COLABORADORES	RUP DIÁRIA	RUP ACUMULATIVA	RUP POTENCIAL
10/04/2023	102,4	8	5	0,39	0,29	0,25
11/04/2023	115,0	8	5	0,35	0,29	0,25
12/04/2023	121,6	8	5	0,33	0,29	0,25
13/04/2023	128,0	8	5	0,31	0,29	0,25
14/04/2023	144,0	7	5	0,24	0,29	0,25
17/04/2023	136,8	8	5	0,29	0,29	0,25
18/04/2023	156,0	8	5	0,26	0,29	0,25
19/04/2023	156,0	8	5	0,26	0,29	0,25
20/04/2023	148,8	7	5	0,24	0,29	0,25
24/04/2023	130,5	7	5	0,27	0,29	0,25

FONTE – O AUTOR

A seguir, será apresentado o gráfico com os dados calculados anteriormente na Tabela 2, assim possibilitando a análise de como foi o rendimento da frente de serviço analisada:

GRÁFICO 2 – RUP REBOCO INTERNO



FONTE – O AUTOR

Verifica-se que a RUPcum, que representa a tendência geral do que a equipe produz, obtida foi de 0,29Hh/m² e que a RUPpot, representando a produção que é possível ser alcançada pela equipe, foi de 0,25Hh/m².

Analisando o gráfico, pode-se notar que nos dias 10, 11 e 12, a RUPdia ficou com índices acima das demais, por motivos de: no dia 10, apesar de terem 5 na equipe em um dia de

expediente normal, a equipe não teve o desempenho esperado; dia 11 por falta de abastecimento de água; no dia 12 por falta de materiais para realização do trabalho. Lembrando que índices mais altos significa menor produção e índices mais baixos significa maior produção.

Já nos dias 14 e 20 pode-se observar resultados acima do esperado, sendo respectivamente: no dia 14 e 20 a equipe se superou. Nos dias em que a equipe se supera, quando não há intercorrências, a justificativa são as “Tarefas”, quando a empresa incentiva seu profissional a ter um melhor desempenho em troca de uma bonificação acrescida ao seu salário.

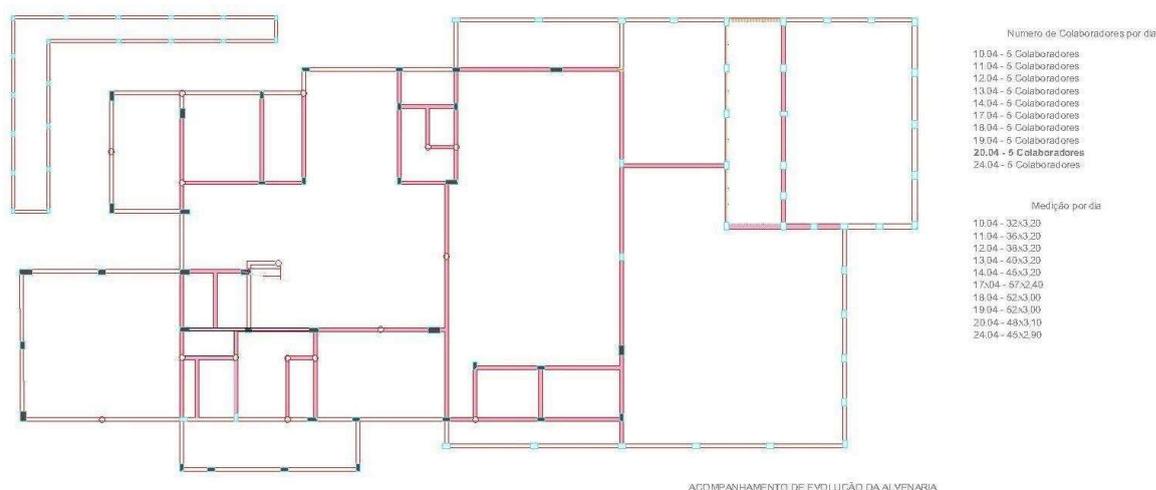
Se comparado os resultados obtidos pelos autores deste estudo em questão com os índices de Nascimento (2019), pode-se observar que neste estudo o dia menos produtivo obteve uma RUPdia de 0,39Hh/m² e 0,24Hh/m² que foi o mais produtivo e uma RUPpot de 0,25Hh/m².

Não se tem os dias de maior ou menor RUP de Nascimento (2019), somente de RUPpot que foi de 0,361Hh/m², ou seja, Nascimento no seu resultado possível de se alcançar apresentou ser 30,74% menos produtivo.

3.8. Reboco Externo

Será apresentado em sequência, o croqui utilizado durante a obra para os levantamentos do reboco externo, executada e analisada:

FIGURA 9 – LEVANTAMENTO REBOCO EXTERNO



FONTE – O AUTOR

A razão unitária de produção para uma equipe de reboco é uma medida utilizada para determinar a produtividade e eficiência da equipe durante o processo de reboco em uma obra. Essa medida leva em consideração diversos fatores, como a área a ser rebocada, o tipo de argamassa utilizada, a habilidade dos trabalhadores, as condições do local, entre outros.

A razão unitária de produção é calculada dividindo-se a quantidade de trabalho realizado pela equipe em um determinado período de tempo pelo número de trabalhadores envolvidos. Essa medida pode ser expressa de diferentes formas, como metros quadrados de reboco por homem-hora ou metros cúbicos de reboco por homem-dia.

Em sequência, na Figura 10/11, mostramos a execução do reboco externo em andamento e na tabela 3 os levantamentos do reboco externo analisada:

FIGURA 10/11 - EXECUÇÃO REBOCO EXTERNO



FONTE – O AUTOR

TÁBELA 5 – LEVANTAMENTO REBOCO EXTERNO

LEVANTAMENTO RUP- REBOCO EXTERNO - OBRA ALDEIA DO VALE						
DATA	M2/DIA TOTAL	H/DIA TOTAL	Nº DE COLABORADORES	RUP DIÁRIA	RUP ACUMULATIVA	RUP POTENCIAL
26/04/2023	21,5	4	2	0,37	0,35	0,32
27/04/2023	22,0	4	2	0,36	0,35	0,32
28/04/2023	20,4	4	2	0,39	0,35	0,32
01/05/2023	25,0	4	2	0,32	0,35	0,32
02/05/2023	26,4	4	2	0,30	0,35	0,32
03/05/2023	24,2	4	2	0,33	0,35	0,32
04/05/2023	23,1	4	2	0,35	0,35	0,32
05/05/2023	24,5	4	2	0,33	0,35	0,32
08/05/2023	19,7	4	2	0,41	0,35	0,32
09/05/2023	19,2	4	2	0,42	0,35	0,32

FONTE – O AUTOR

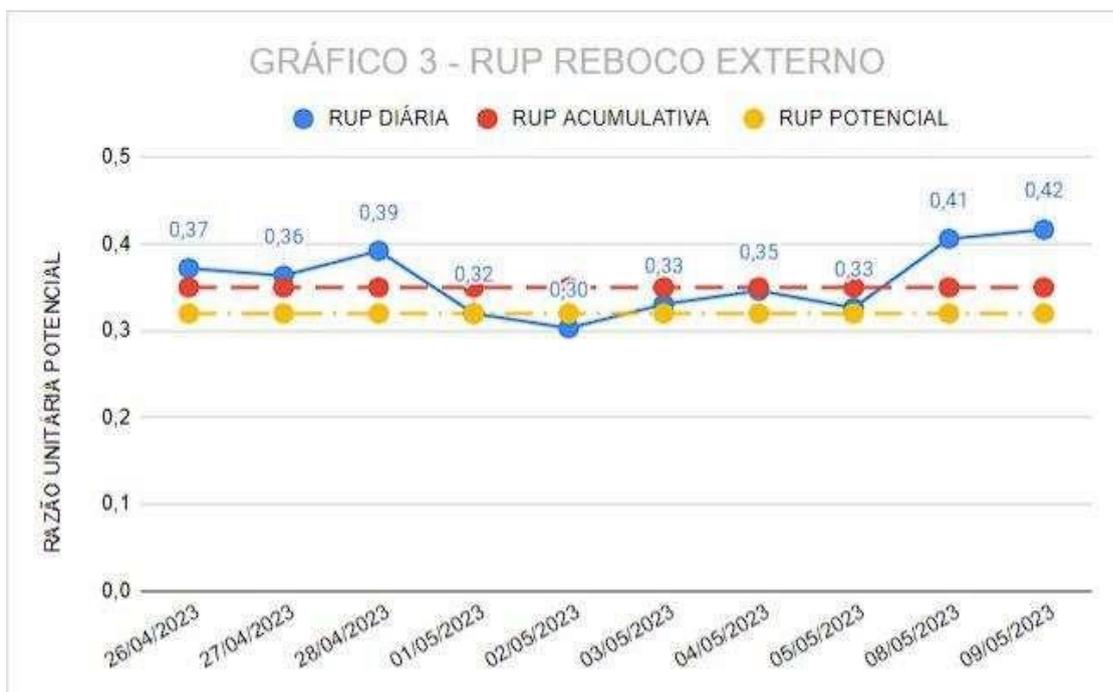
A razão unitária de produção leva em consideração diversos fatores, tais como o tempo necessário para realizar uma determinada tarefa, a quantidade de material utilizado, a qualidade

do trabalho executado, entre outros. Ao analisar esses fatores, é possível identificar a eficiência da equipe de reboco externo e buscar formas de aprimorar o desempenho.

Com base nessas informações, é possível calcular a razão unitária de produção da equipe de reboco externo, dividindo a quantidade de trabalho realizado (medido em metros quadrados, por exemplo) pelo tempo gasto e pela quantidade de material utilizado. Esse cálculo fornecerá uma medida da produtividade da equipe e poderá ser comparado com benchmarks ou padrões estabelecidos para avaliar seu desempenho.

É importante ressaltar que a razão unitária de produção é apenas uma das diversas métricas que podem ser utilizadas para avaliar o desempenho de uma equipe de trabalho. Outros fatores, como a satisfação do cliente, o cumprimento de prazos e o uso eficiente dos recursos também devem ser considerados para uma avaliação completa. A seguir, será apresentado o gráfico com os dados calculados anteriormente na Tabela 3, assim possibilitando a análise de como foi o rendimento da frente de serviço analisada:

GRÁFICO 3 – RUP REBOCO EXTERNO



FUNTE – O AUTOR

Verifica-se que a RUPcum, que representa a tendencia geral do que a equipe produz, obtida foi de 0,35Hh/m² e que a RUPpot, representando a produção que é possível ser alcançada pela equipe, foi de 0,32Hh/m².

Analisando o gráfico, pode-se notar que nos dias 28, 08 e 09, a RUPdia ficou com índices acima das demais, por motivos de que a equipe estava adiantada em relação ao cronograma da obra e como estratégia de planejamento a equipe foi reduzida.

Já nos dias 01 e 02 pode-se observar resultados acima do esperado, sendo respectivamente: no dia 01 e 02 a equipe em um dia de expediente normal, obteve o desempenho esperado.

Para a frente de serviço de reboco externo não foi encontrado dados na literatura para comparação de índices com os levantados aqui neste trabalho.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao analisar os resultados das Razão Unitária de Produção (RUP), foi constatado que na frente de serviço de alvenaria 20% dos dias analisados atingiu a potencial, 40% se mantiveram na média (entre a acumulativa e a potencial) e 40% ficaram acima da acumulativa, isso significa que boa parte de nossa frente de serviço está dentro do esperado e os 40% acima da acumulativa foi justificado pelo aguardo de material em obra e também com a baixa quantidade de colaboradores nos dias em questão. Os dias que foram mais produtivos, onde obtivemos a RUP acima do potencial, também foi justificada, por conta de incentivos financeiros, denominados “Tarefas” em obra, onde basicamente é estipulado uma quantidade x de serviço para ser executado em um prazo limite, caso seja atingido conforme combinado, foi atribuído aos colaboradores uma bonificação.

Em relação ao resultado obtido na frente de serviço de reboco interno foi constatado que 20% dos dias analisados atingiram o potencial, 40% também se manteve na média e os outros 40% ficaram acima da acumulativa, a justificativa para essa constância nos resultados, se manteve em relação ao aguardo de material e também as “Tarefas” que são impostas na obra para melhor desempenho.

Com análise dos dados levantados em relação a Razão Unitária de Produção (RUP) do reboco externo, foi constatado que 20% dos dias ficaram abaixo do potencial, 30% se mantiveram na média e 50% ficaram acima da acumulativa, com o acompanhamento em campo constatamos que essa alta na RUP, foi justificada por conta de a frente de serviço em questão estar adiantada em relação ao cronograma, assim, a equipe responsável pela frente de serviço em questão foi reduzida.

A utilização do método da Razão Unitária de Produção (RUP) para medir os fretes de serviço de alvenaria e reboco mostrou que, para a execução satisfatória da obra a análise desses dados e de total importância, já que e através desses que se conseguem informações reais do que está acontecendo na obra. A partir da coleta de tais dados da produtividade conclui que muitos serviços podem ser analisados a partir da mesma concepção. A razão unitária de produção é uma ferramenta importante na construção civil para avaliar a produtividade e

eficiência das equipes de trabalho. Ao considerar fatores como tempo, quantidade de material e qualidade do trabalho, é possível obter uma medida objetiva do desempenho da equipe. Para melhorar a produtividade das equipes da construção civil, algumas medidas podem ser adotadas.

O treinamento: Investir em treinamento e capacitação dos funcionários é essencial para melhorar suas habilidades e conhecimentos. Isso pode incluir treinamentos específicos sobre técnicas de construção, uso de ferramentas e equipamentos, segurança no trabalho, entre outros aspectos relevantes.

A Padronização de processos: Estabelecer procedimentos padronizados para as atividades da construção pode ajudar a aumentar a eficiência. Isso inclui o uso de métodos construtivos eficientes, o estabelecimento de padrões de qualidade e a definição de cronogramas realistas. O uso de tecnologia: A tecnologia desempenha um papel fundamental na melhoria da produtividade na construção civil. O uso de softwares de gestão de projetos, modelagem 3D, drones, sistemas de monitoramento e outras ferramentas digitais pode agilizar processos, reduzir erros e otimizar o uso de recursos. Planejamento eficiente: Um planejamento detalhado e bem estruturado é essencial para maximizar a produtividade. Isso envolve a definição clara de metas, o estabelecimento de prazos realistas, a alocação adequada de recursos e uma comunicação eficiente entre as equipes.

Uma Gestão de equipes: Uma boa gestão de equipes é crucial para melhorar a produtividade. Isso inclui uma liderança eficaz, motivação dos colaboradores, trabalho em equipe, distribuição adequada de tarefas e uma comunicação clara e aberta.

Avaliação e monitoramento contínuos: É importante monitorar regularmente o desempenho das equipes e realizar avaliações periódicas. Isso permite identificar pontos fortes e áreas de melhoria, implementar ações corretivas e acompanhar o progresso ao longo do tempo. Em resumo, a razão unitária de produção oferece uma medida objetiva para avaliar a produtividade das equipes da construção civil.

Para melhorar essa produtividade, é fundamental investir em treinamento, padronização de processos, uso de tecnologia, planejamento eficiente, gestão de equipes e avaliação contínua. Essas medidas podem contribuir para o aumento da eficiência, redução de custos e melhoria geral dos resultados na construção civil.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13529: Revestimento de paredes e tetos de argamassas inorgânicas. Rio de Janeiro. 1995.

Christmann, S. S., & Rodrigues, P. C. (2016). A IMPORTÂNCIA DO ESTUDO DA PRODUTIVIDADE E DOS FATORES QUE A INFLUENCIAM NO SETOR DA

CONSTRUÇÃO CIVIL. Salão Do Conhecimento, 2(2). Recuperado de <https://www.publicacoeseventos.unijui.edu.br/index.php/salaconhecimento/article/view/7040>

XAVIER, D. B. SENA, M. A. S. Estudo de Tempos Para o Aumento da Produtividade na Construção Civil. Trabalho de Conclusão de Curso. UNAMA/CCET. Belém/PA. 2001, 44p.

SINAPI. CAIXA ECONOMICA FEDERAL – DEZ/21 - Cadernos Técnicos de Alvenaria de Vedação. Disponível em: < https://www.caixa.gov.br/Downloads/sinapi-manual-de-metodologias-e-conceitos/CONHECENDO_CT_ALVENARIA_DE_VEDACAO_12_2021.pdf> Acesso em 14.MARÇO.2023

SOUZA, Ubiraci Espinelli Lemes de. Como medir a produtividade da mão-de-obra na construção civil. Brasil - Salvador, BA. 2000. v.1 p.421-428 il.. In: ENTAC,8°, Salvador, 2000.

POZZOBON, Cristina; MODLER, Luís Eduardo; KURZAWA, Diether. A importância da gestão da produtividade da mão-de-obra para sistemas construtivos em implantação: estudo de caso em Ijuí/RS. Brasil - Campinas, SP. 2007. CD ROOM. V SIBRAGEC Simpósio Brasileiro de Gestão e Economia da Construção, 2007.

SANTOS, D. de G. Modelo de Gestão de Processos na Construção Civil para Identificação de Atividades Facilitadoras. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção). Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2004.

SOUZA, U., Metodologia para o Estudo da Produtividade da Mão-de-obra no Serviço de Fôrmas para Estrutura de Concreto. Tese de Doutorado. USP. São Paulo, 1996.

SOUZA, UEL de. Como aumentar a eficiência da mão de obra: manual de gestão da produtividade na construção civil. São Paulo: Pini, 2006.

ANÁLISE DA ATUAÇÃO DO ADITIVO NA TRABALHABILIDADE E RESISTÊNCIA DO CONCRETO

ANALYSIS OF THE PERFORMANCE OF THE ADDITIVE ON THE WORKABILITY AND RESISTANCE OF THE CONCRETE

SOUZA, Amanda Moraes de¹; FREITAS, Brian Felipe Rodrigues de²; GUIMARÃES, Lucas Ferreira³; ARANHA, Márcio Barroso⁴; ANDRADE, Pedro Henrique Barbosa⁵; TENÓRIO, Helen Oliveira⁶

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo analisar a atuação do aditivo retardador de pega no concreto no estado fresco e endurecido, partindo do pressuposto de que muitas concreteiras, às vezes, não conseguem cumprir o prazo determinado por norma para o lançamento do concreto ou até mesmo na obra por conta de imprevistos internos, por isso perdem o tempo de lançamento. Essa análise foi feita por meio de pesquisa experimental com base na norma ABNT 16889 em que se realizou o ensaio de teste de slump no concreto no estado fresco, a fim de que se pudesse medir a resistência à compressão com base na norma ABNT NBR 5739 no estado endurecido, ensaiando três traços tendo um como referência a não adição de aditivo. A partir dos resultados, foi feita a análise com base nas normas citadas anteriormente e fundamentado em autores renomados no assunto. Todo o ensaio do concreto no estado fresco e endurecido foi realizado no laboratório da Faculdade Unida de Campinas. Com os resultados obtidos no concreto no estado fresco pode-se perceber que o aditivo retardador de pega cumpriu com a sua finalidade, pois ele retardou a pega do traço até o tempo de 60 minutos ensaiado.

Palavras-chaves: Aditivo retardador de pega. Concreto no estado fresco e endurecido. Tempo de pega.

ABSTRACT

The present study aims to analyze the performance of the retardant additive of picking on concrete in the fresh and hardened state. Starting from the point where many concrete companies sometimes fail to meet the standard deadline for the release of the concrete or even in the work on account of internal unforeseen events they lose the time of release. This analysis was carried out by means of experimental research, where based on the standard ABNT 16889 the test of slump in the concrete in the fresh state and in the hardened state was performed the

¹ Graduanda do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de CampinasFacUnicamps. E-mail: souzaamandamoraes@gmail.com.

² Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de CampinasFacUnicamps. E-mail: brianfelipe2609@gmail.com.

³ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de CampinasFacUnicamps. E-mail: lucasguimarraes@gmail.com.

⁴ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de CampinasFacUnicamps. E-mail: marcio2051@gmail.com

⁵ Graduando do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de CampinasFacUnicamps. E-mail: andradehenrique.20.99@gmail.com.

⁶ Mestra em Engenharia Civil pela Universidade Federal de Goiás (UFG) e professora do curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. E-mail: helen.tenório@gmail.com.

compression resistance test based on the standard ABNT NBR 5739, testing three traits with one as references without addition of additive, with the results the analysis was made based on the norms cited above and on authors trained in the subject. The whole test of the concrete in the fresh state was carried out in the laboratory of the faculty United of Campinas and the trials in the state of the hardened was reallocated in the laboratory. With the results obtained

Keywords: Setting retarder admixture. Concrete in the fresh and hardened state. Setting time.

1. INTRODUÇÃO

Na maioria dos grandes centros urbanos e cidades no entorno existem edificações de pequeno, médio e grande porte. Geralmente, nesses locais, quando se trata de uma metrópole como Goiânia, capital de Goiás, e as cidades circunvizinhas, que também se encontram em constante desenvolvimento, é comum ocorrer problemas em relação ao tempo de lançamento do concreto, devido aos contratempos no percurso realizado pelo caminhão desde a usina até a localização da obra que não pode ultrapassar o tempo previsto pela normatização como se lê: “realizados em tempo inferior a 150 min, contando a partir da adição de água, no caso o emprego do caminhão betoneira”(ABNT NBR 7212:2021, p.11) e/ou quantidade reduzida de funcionários, que ocasiona a perda de abatimento do concreto.

Podem ocorrer variados contratempos entre o momento em que o caminhão sai da usina até que ele chegue à obra, uma vez que elas podem estar localizadas em locais de difícil acesso. Levando em consideração essa normativa, o caminhão pode demorar até 120 min para chegar à obra “iniciados em até 0 minutos após a chegada do caminhão betoneira a obra” (ABNT NBR 7212:2021, p.11). Em virtude dos contratempos que podem ser encontrados durante o processo de lançamento do concreto, existem alguns tipos de aditivos, como por exemplo, o aditivo retardador de pega que auxiliam na redução da velocidade do endurecimento do concreto.

Diante desta situação, este trabalho tem como objetivo analisar a atuação e a importância do uso de aditivos nos concretos nos estados fresco e endurecido, além de conhecer alguns destes aditivos e suas características. Para alcançar os objetivos, foram feitas pesquisas em livros, artigos e sites em busca de informações prestadas por vários autores especialistas neste assunto. Além disso, foram realizados ensaios no laboratório da FacUnicamps com o objetivo de analisar quais aditivos se saiam melhor de acordo com cada aplicação.

2.OBJETIVOS

2.1 Geral

Analisar a atuação do aditivo retardador de pega na resistência e trabalhabilidade do concreto, utilizando um traço referência de 35MPa e aplicando o aditivo gradativamente de 0,5% e 0,8%.

2.2 Específicos

- Analisar a atuação de aditivos nos concretos nos estados frescos e endurecido; medir
- a trabalhabilidade conforme a ABNT NBR 11768-1 nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos para as porcentagens de 0,5% e 0,8% de aditivo retardador de pega em relação ao quilo do cimento; • realizar ensaios de resistência à compressão axial conforme a norma ABNT NBR 5739 para as idades de 7, 14 e 28 dias.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Concreto

O concreto é a mistura mais utilizada da civilização, já que é o principal componente de quase todas as edificações, desde estradas, edifícios até pontes. Cada composição é fundamental, mas a principal composição química do cimento, que torna possível o concreto, desde o início do cimento na pedreira, em que se fragmentam grandes blocos de rocha que viram cascalhos e pó, por fim. A este material residual são misturados cálcio, silício, alumínio e ferro, depois aquecidos em um forno com tamanho equivalente a um estádio de futebol que chega a 1.500°C. Durante este processo, as moléculas se quebram e recombina as umas às outras e, por fim, ao esfriar se mistura ao gesso dando origem ao cimento Portland, como disseram Neville (1995) e Silva Neto (2018).

Para Teixeira et. al. (2019), os principais componentes do concreto são o cimento, a água, também são agregados areia e brita e aditivos. O traço representa as proporções dos materiais que compõe o concreto, cada número representa a proporção do material em relação ao saco de cimento de 50 kg. Em relação ao parâmetro do traço antes do aditivo, se baseia em proporção de água por quantidade do cimento. Os aditivos podem ou não ser utilizados na composição do concreto, contudo são, normalmente, utilizados para melhorar plasticidade e

fluidez, diminuindo a quantidade de água, podendo também acelerar ou retardar a pega, segundo a ABNT NBR 7212:2012.

No Brasil, a maior tradição sempre foi o uso de concreto, enquanto outros países utilizam mais estruturas metálicas, de acordo com a ABNT NBR 6118:2014. A vantagem da utilização do concreto seria a mão de obra, porque, no Brasil, é mais fácil encontrar quem trabalha com a forma, a ferragem e até mesmo com a utilização e mistura do concreto deixando a mão de obra mais abundante e reduzindo o seu preço.

Outra vantagem seria a fácil localização de agregados e materiais que facilitam o concreto. Além da durabilidade, impermeabilização mais acessível e a manutenção, que é praticamente nenhuma, também é resistente ao fogo. Já as desvantagens são relativas ao peso em caso de locomoção, tempo de execução e o manuseio já que é preciso fazer formas, ferragens precisam ser dobradas e precisar ter o tempo de cura adequados, a organização do canteiro gera muito mais resíduos, reformas trabalhosas com a necessidade de praticamente refazer a estrutura afetada o que geraria mais custos e não é ecológico por ser prejudicial ao meio ambiente, pois entra em contato com o solo, o ar, os rios agredindo, além do sistema ecológico, também a saúde de pessoas e animais, de acordo com Lima (2017).

2.2 Cimento Portland

O cimento Portland é um dos materiais mais utilizados na construção civil, sendo responsável por dar a resistência necessária para a construção de edificações e infraestrutura. Segundo Silva e Martins (2017), a história do cimento Portland remonta ao início do século XIX, quando o construtor Joseph Aspdin patenteou o material, que foi batizado com esse nome em homenagem à cidade de Portland, na Inglaterra. Desde então, o cimento Portland passou por diversas transformações em sua composição e processo de produção, tornando-se cada vez mais resistente e durável.

Existem diferentes tipos de cimentos Portland, sendo os mais comuns o cimento Portland comum, o cimento Portland de alta resistência inicial e o cimento Portland composto. De acordo com Gonçalves, Melges e Ferreira (2017), o cimento Portland comum é o tipo mais utilizado na construção civil, sendo indicado para a maioria das obras. Já o cimento Portland de alta resistência inicial é utilizado em situações que exigem um rápido desenvolvimento da resistência, enquanto o cimento Portland composto é indicado para obras que demandam maior durabilidade e resistência.

A importância do cimento Portland na engenharia e arquitetura é inegável, já que é um dos materiais mais utilizados na construção civil. Além de ser responsável por dar a resistência necessária para as edificações e infraestrutura, o cimento Portland também é utilizado na produção de concreto, argamassas e outros materiais de construção. Assim, é essencial que os profissionais da área tenham conhecimento sobre as propriedades e características do cimento Portland para garantir a qualidade e a segurança das construções.

2.3 Agregados

Conforme a NBR 9935 (ABNT, 2011), agregados são todos os materiais granulares, cujas dimensões e aspectos podem ser incorporados em argamassas e concretos, podendo ser de origem natural, quando tirados diretamente da natureza, ou artificial, quando ocorrem modificações na estrutura natural por meio de algum processo industrial. Eles são materiais que, quando comparados a outros, não possuem valor monetário tão significativo e não reagem de forma significativa com a água, sendo assim, em consonância com Tartuce e Giovanetti (1990), são classificados como material de enchimento inerte.

Conforme aponta Metha e Monteiro (2014), os agregados utilizados no concreto devem ser classificados de acordo com a dimensão máxima de suas partículas e suas características são definidas com os ensaios que indicam a absorção de água e porosidade, granulometria, forma e textura superficial, resistência a compressão, abrasão e tipos de substâncias deletérias presentes.

Para dosagem do concreto, uma característica significativa é a massa específica unitária das partículas do agregado o que pode variar de 1300 a 1750 kg/m³. Essas quantidades são compostas pelo volume das partículas do agregado e os vazios existentes entre elas. A junção entre a massa unitária compactada e solta resulta no índice de vazios, tornando-a em uma característica de importante valor econômico já que o volume de vazios existentes no agregado influencia no teor de cimento a ser utilizado, em conformidade com Hagemann (2011).

De acordo com a NBR 7211 (ABNT, 2009), os agregados são classificados de acordo com a sua granulometria com intuito de determinar a distribuição de suas dimensões e graduação. Eles são classificados em miúdos e graúdos. Os agregados miúdos são os grãos que passam pela peneira com abertura 4,75mm (>95%) e ficam retidos na peneira 0,075mm, esses grãos são as areias que tem sua origem natural retiradas de rios, depósitos profundos cobertos por solo e de praias e dunas, já a origem artificial são retiradas de britagem e de escoria de alto forno. Os agregados graúdos são os grãos que passam pela peneira de 75 mm (>95%), ficam

retidos na peneira 4,75 mm, esses grãos estão presentes no cascalho, arenito, basalto e todos os agregados que se enquadram na faixa de 4,75 a 152mm, conforme pontuaram Bauer (2000) e Hagemann (2011).

3.4 Água

A água é um dos principais componentes na mistura para produção de concreto e é responsável por algumas atribuições, dentre elas a hidratação da massa cimentícia, com finalidade de endurecimento, resistência do concreto e aumento da trabalhabilidade, permitindo o preenchimento de maneira adequada dos vazios ou fissuras durante o processo de aplicação do concreto. Com base no método ABCP (anexo nº 5), podemos evidenciar na prática que a relação água/cimento é responsável principalmente pela resistência química e física do concreto endurecido e sua trabalhabilidade no concreto fresco, que deve estar compreendida entre o intervalo de 0,4 até 1,0, respeitando esse parâmetro as dosagem ficam restritas ao triângulo ABC.

A água utilizada no processo de mistura do concreto pode vir de diferentes fontes, sendo pótable ou proveniente de reuso. Desse modo, em concordância com Petrucci (1998), podem ser toleradas variações nos níveis de impurezas, embora, para maior segurança antes de estudar o mecanismo do endurecimento do concreto, devam ser examinadas a natureza e as propriedades das reações entre os compostos com a água. Portanto, a qualidade da água para utilização no traço de concreto deve ser levada em consideração, para garantir um concreto de excelente qualidade, de modo a atender o desempenho exigido na trabalhabilidade e resistência.

3.5 Aditivos

Os aditivos químicos são usados para darem características específicas ao concreto, melhorando suas propriedades como resistência, durabilidade, trabalhabilidade, consistência, fluidez, menor consumo de água e cimento, entre outros. A NBR 11768 (ABNT, 2019) define aditivos como produtos acrescentados em quantidade pequena a concretos de cimento Portland modificando suas propriedade e adequando-as à determinadas condições. O emprego do concreto na construção civil é muito antigo, os romanos adicionavam sangue, banha, leite, claras de ovos para facilitar seu manuseio dele.

Atualmente, no primeiro mundo, 70% a 80% dos concretos são usados com algum tipo de aditivo por causas das grandes melhorias que eles trazem para o concreto. E existem vários

tipos de aditivos para concreto, cada qual com características específicas, dentre eles, vale destacar alguns como os relacionados abaixo.

a) O aditivo plastificante ou redutor de água é usado no concreto para reduzir a quantidade de água necessária. Isso não compromete a resistência do concreto, tornando-o mais forte. Esses aditivos melhoram a facilidade de manuseio e aplicação do concreto, também aumentam sua durabilidade.

A função dos aditivos químicos plastificantes é de melhorar a consistência do concreto sem aumentar a demanda de água; aumentar as propriedades mecânicas e durabilidade da mistura, mantendo a consistência e reduzir o consumo de cimento, para as mesmas resistências e consistência. Esses três pontos são favoráveis aos CAD (Concreto de Alto e Ultra-Alto Desempenho), por normalmente serem concretos coesos, com pouca trabalhabilidade e com alto consumo de cimento (TUTIKIAN et. al., 2011, p. 10).

b) O aditivo superplastificante, também conhecido como aditivo de alta redução de água, compartilha das mesmas propriedades do aditivo plastificante. A diferença está na capacidade de redução de água no concreto. Esses aditivos permitem a redução da quantidade de água necessária, mantendo a consistência adequada e garantindo uma maior resistência final do concreto.

Os aditivos recomendados para CAD são os superplastificantes, de terceira geração. Atualmente já se encontram no mercado os chamados aditivos de quarta geração, com cadeia mais longa e ramificada que os originais. As características relevantes para os aditivos são a compatibilidade com o cimento, o tempo de ação e grau de elevação de trabalhabilidade no concreto para os materiais utilizados (TUTIKIAN et. al., 2011, p. 10).

c) O aditivo acelerador de pega é utilizado para reduzir o tempo de início e conclusão do processo de pega do concreto. Isso resulta em uma aceleração do processo produtivo.

d) O aditivo retardador de pega é o oposto do aditivo acelerador de pega, porque ele prolonga o tempo de início e conclusão do processo de pega do concreto. É empregado em construções instaladas em clima frio ou em longas distâncias, geralmente, é utilizado em conjunto com o plastificante.

Portanto, o uso dos aditivos no concreto tem o objetivo de potencializar os pontos fortes do concreto e reduzir os prejuízos causados pelos pontos fracos. Além disso, deve-se ressaltar, que o uso do aditivo depende de sua aplicação, pois um aditivo do concreto utilizado de forma incorreta, pode causar fissura, quebras, solidificação retardada, dentre outros problemas.

4. METODOLOGIA

Este trabalho baseia-se numa pesquisa bibliográfica e experimental na análise da atuação do aditivo retardador na trabalhabilidade e resistência do concreto, conforme as normas ABNT NBR 12655: concreto de cimento Portland – preparo, controle, recebimento, aceitação e procedimento; ABNT NBR 7212: execução de concreto dosado em central; ABNT NBR 5739: concreto – ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos; ABNT NBR 9479: argamassa e concreto – câmaras úmidas e tanques para cura de corpos de prova; ABNT NBR 14931: execução de estruturas de concreto – procedimento e ensaios de laboratório, utilizando-se de um traço referência de $F_{ck}=35$ MPa, em que foram moldados 8 corpos de prova, cilíndricos com 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura, em cada traço rodado, sendo rompidos com o tempo de 7, 14 e 28 dias.

Foram realizados testes de abatimento de tronco cone, mais conhecido como Slump Test, no traço referência e nos traços experimentais com a adição do aditivo retardador de pega nas proporções de 0,5% e 0,8%, respectivamente, e nos tempos de 0, 20, 40 e 60 minutos.

4.1 Materiais Utilizados

4.1.1 Cimento

Em todos os traços rodados foi utilizado o cimento Portland CP II-F-40 da marca Tocantins. Na Tabela 1, a seguir, serão apresentadas as propriedades químicas, físicas e mecânicas do cimento conforme fornecido pelo fabricante com base na norma ABNT NBR 16697:2018.

Tabela 1: Propriedades químicas, físicas e mecânicas do cimento CP II-F-40

Propiedades Químicas		
	Lote 1	Lote 2
Perda ao Fogo (PF)	5,4%	4,9%
Óxido de Magnésio (MgO)	2,7%	3,0%
Trióxido de Enxofre (SO ₃)	2,8%	2,6%
Resíduo Insolúvel (RI)	2,7%	2,4%
Propiedades físicas e mecânicas		
	Lote 1	Lote 2
Blaine (cm ² /g)	5044	5031
Água de consistência (%)	30,3	30,2

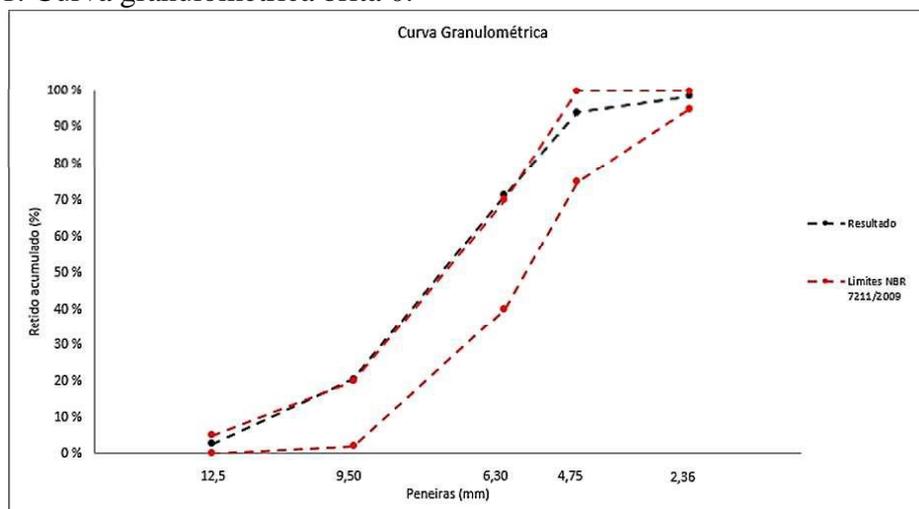
Tempo de pega início (min)	161	153
Tempo de pega fim (min)	210	202
Resistência a compressão (Mpa) - 1 dia	24,1	24,5
Resistência a compressão (Mpa) - 3 dias	36,7	36,4
Resistência a compressão (Mpa) - 7 dias	41,5	41,3
Resistência a compressão (Mpa) - 28 dias	49,2	-

Fonte: Boletim de ensaio de cimentos (Votorantim 2022)

4.1.2 Agregados

Foram utilizados agregados graúdos e miúdos no desenvolvimento da pesquisa para rodar os traços. A seguir, na Figura 1, será apresentada a curva granulométrica de cada agregado.

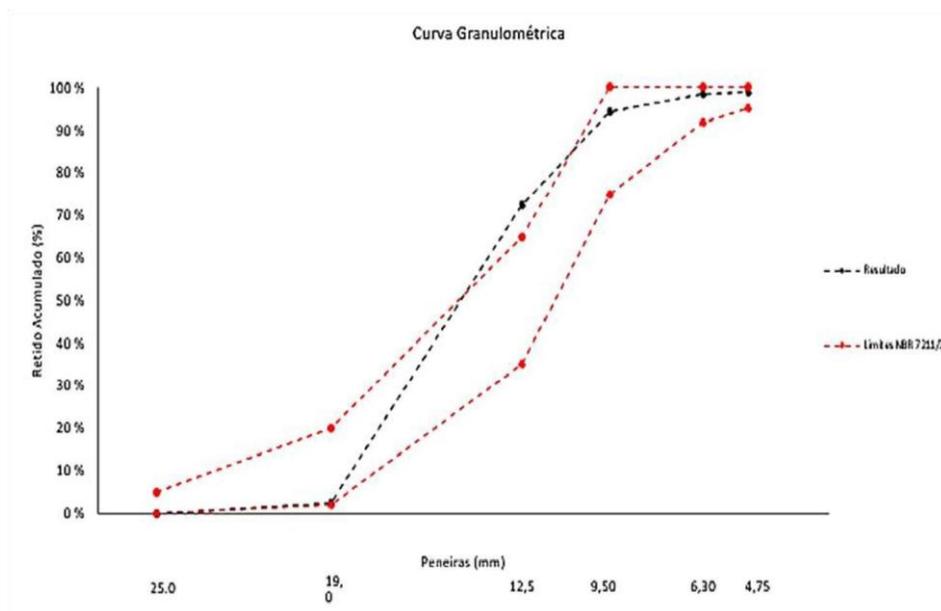
Figura 1: Curva granulométrica brita 0.



Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 1, a brita 0 obteve-se um diâmetro máximo característico de 12,5mm, o seu módulo de finura foi de 6,13 mm.

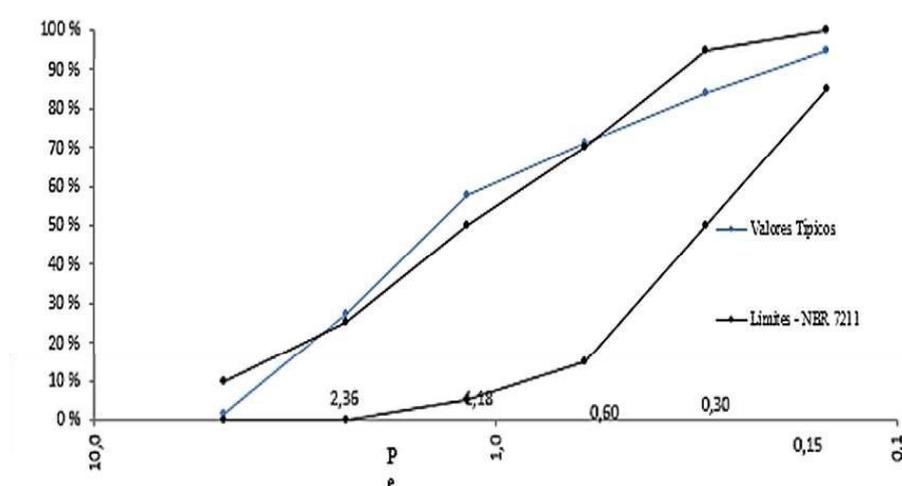
Figura 2: Curva granulométrica brita 1.



Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 2, a partir da brita 1 obteve-se um diâmetro máximo característico de 19,0mm, o módulo de finura foi de 6,96 mm.

Figura 3 : Curva granulométrica areia artificial.



Fonte: Empresa parceira.

Na Figura 3, com a areia artificial obteve-se o módulo de finura de 3,36 mm.

4.1.3 Aditivo utilizado na pesquisa experimental

O aditivo utilizado para a pesquisa experimental foi o Plastimet VZ da Sika. É um aditivo plastificante retardador de pega do concreto, ou seja, é um aditivo polifuncional, cujas principais características e vantagens são que ele:

- aumenta a trabalhabilidade do concreto fresco, possibilitando a redução da água de amassamento; retarda o início da pega do concreto, de acordo com a dosagem utilizada;
- reduz a segregação do concreto; não contém adição de cloretos.
- A densidade do aditivo utilizado é de $1,12 \pm 0,02$ kg/lit, com valor de pH de $5,5 \pm 1,0$.
-

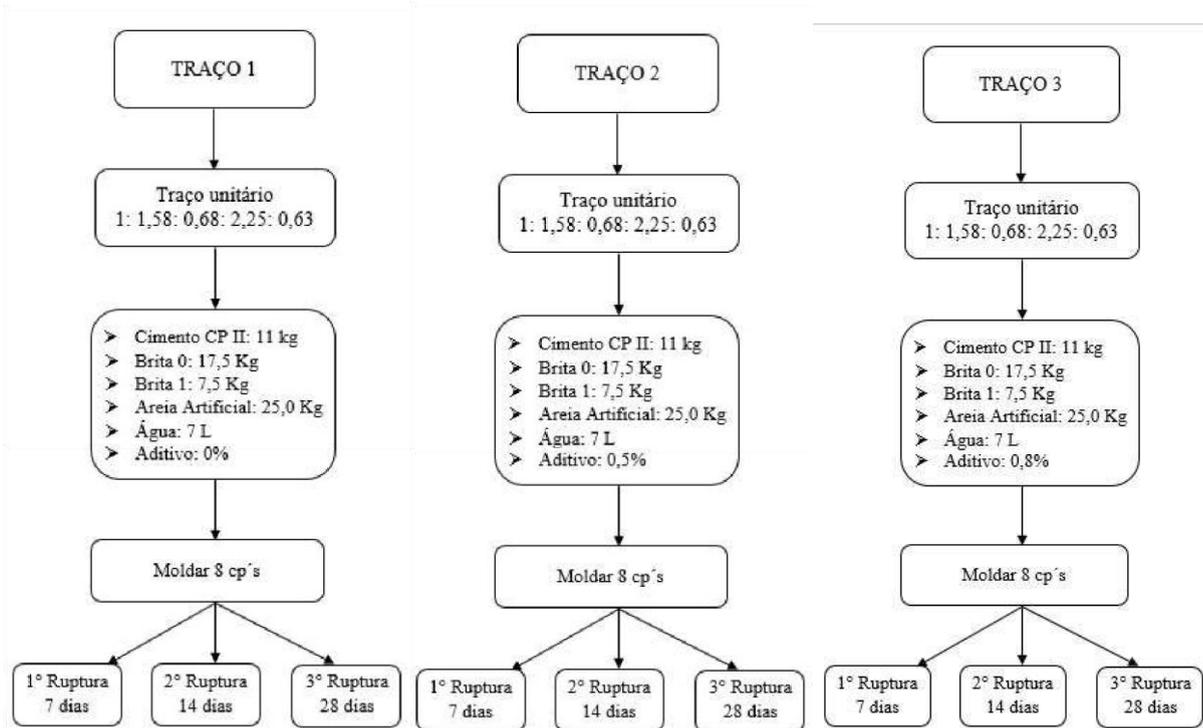
4.2 Teste Slump e Moldagem dos Corpos de Prova

A moldagem dos corpos de prova foi feita, conforme a ABNT NBR 5738, no laboratório de engenharia da empresa parceira. Foram moldados 8 corpos de provas para cada traço rodado, sendo 3 corpos de prova para as idades de ruptura de 7 e 14 dias e 2 corpos de prova para a idade de ruptura de 28 dias. No próximo item será descrito todo o processo de teste slump e moldagem dos corpos de prova. A seguir, na Tabela 2, tem-se o traço unitário e o processo de moldagem de cada traço rodado.

Tabela 2: Traço unitário.

	Cimento (kg)	Brita 0 (kg)	Brita 1 (kg)	Areia Artificial (kg)	Água (kg)
	1	1,58	0,68	2,25	0,63
Traço unitário	l: 1,58: 0,68: 2,25: 0,63				

Figura 4: Processo de moldagem



Fonte: Os autores.

4.2.1 Preparo dos materiais

Os ensaios no concreto no estado fresco foram realizados no laboratório de solos da FacUnicamps. No primeiro momento, foi feita a separação dos materiais para pesagem usando uma balança calibrada com capacidade de 31Kg. Cada material foi separado, pesado e adicionado na betoneira na seguinte sequência: primeiro a areia, segundo o cimento e aos poucos os demais agregados e, por último, conforme o decorrer do ensaio, foi adicionado o aditivo.

Figura 5: Pesagem dos materiais usado nos traços

(a) Traço 1- 0,0%



(b) Traço 2- 0,5%



(c) Traço 3- 0,8%



Fonte: Os autores.

Figura 6: Rodagem do traço e kit slump



Fonte: Os autores.

Após a rodagem do traço do traço 1-0,0%, o traço referência, foi tirado o slump. O slump foi medido, no traço 2- 0,5%, somente no tempo 0 minutos e traço 3-0,8% foi rodado e medido o slump nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos. Para este ensaio de slump test, foram usados os equipamentos, molde, haste de adensamento, placa base, trena e concha de seção U, de acordo com a norma ABNT NBR 16889, conforme consta na Figura 5. A seguir serão expostos os slumps obtidos de cada traço.

Figura 7: Slumps obtidos

Traço 1-0,0%: 0 minutos



Traço 2- 0,05%: 0 minutos



Traço 3- 0,8%: 0 minutos



Traço 3- 0,8%: 20 minutos

Traço 3- 0,8%: 40 minutos



Traço 3-0,8%: 60 minutos



Fonte: Os autores.

Para a moldagem dos corpos de provas de cada traço, foi usado os moldes cilíndricos 10x20cm, desmoldante para os moldes, colher de pedreiro, concha de seções U e haste de adensamento, executados conforme a norma ABNT NBR 5738.

Figura 8: Moldagem dos corpos de provas



Fonte: Os autores.

4.3 Armazenamento e Ensaio de Resistência a Compressão

Após a desmoldagem, os corpos de provas foram preparados adequadamente para o seu transporte até o laboratório da empresa parceira, onde foram rompidos. Primeiro foram

armazenados em tanque de cura em solução saturada de hidróxido de cálcio até a idade de ruptura. Foram determinadas as dimensões dos corpos de provas e rompidos em uma prensa hidráulica de concreto conforme a ABNT NBR 5739.

Figura 9: Desmoldagem.



Fonte: Os autores.

5. RESULTADOS

Como descrito anteriormente, em todos os traços rodados foi utilizada a mesma quantidade de material, o que mudou foi a quantidade de aditivo adicionado para cada traço rodado. A seguir serão apresentados os resultados obtidos nos ensaios no concreto fresco e no concreto endurecido. Na Tabela 3, será apresentado o resultado do ensaio do concreto no estado fresco, o slump test, já na Tabela 4, será apresentado o resultado do ensaio do concreto endurecido, a resistência à compressão.

Tabela 3: Slumps obtidos

Tempo (min)	Slump obtido (mm)		
	Traço 1- 0,0%	Traço 2- 0,5%	Traço 3- 0,8%
0	50	60	180
20	-	-	180
40	-	-	180
60	-	-	180

Fonte: Os autores.

Como apresentado na Tabela 3, o slump obtido no traço 1- 0,0% foi de 50 mm, no traço 2- 0,05%, no tempo 0 min, foi de 60 mm, com esse resultado pode-se perceber que a quantidade de aditivo adicionado foi insignificante para a abertura e trabalhabilidade do concreto fresco, então, optou-se por não realizar o teste de slump nos tempos de 20, 40 e 60 minutos.

Para o traço 3-0,8%, foi possível observar uma abertura maior no concreto no tempo 0 min e, nos demais tempos, o aditivo Plastiment VZ conseguiu manter a trabalhabilidade do concreto. Ressaltando que o aditivo usado é polifuncional, plastificante e retardador de pega, ou seja, ele retarda o processo químico de endurecimento do concreto e aumenta a trabalhabilidade.

De acordo com Isaia (2011), o concreto com adição de aditivo retardador de pega apresenta uma taxa de exsudação mais elevada. Neville (2016) explica que a exsudação é uma forma de segregação em que parte da água da mistura migra para a superfície do concreto recém lançado, e essa segregação é causada pela incapacidade dos materiais sólidos da mistura de reter a água de amassamento enquanto se assentam em direção ao fundo e, no momento, em que o concreto apresenta enrijecimento suficiente, a exsudação cessa a ocorrência.

Em virtude dessas definições e analisando os ensaios realizados nos traços, pode-se perceber que não houve exsudação, ou seja, não houve acúmulo de água no topo dos testes de slump e nem nos corpos de prova. Acredita-se que para que ocorra a exsudação com o uso de aditivo retardador de pega, deve-se usar percentuais mais elevados de aditivo.

No ensaio de resistência à compressão axial, obteve-se os seguintes resultados para as idades de rupturas de 7, 14 e 28 dias, como apresentadas na Tabela 4. Ressalta-se que, por conta do curto tempo e logística após a moldagem dos corpos de prova, não pode realizar o ensaio de resistência a compressão nas primeiras horas/dias, por isso obteve-se somente a rupturas nas idades de 7, 14 e 28 dias.

Tabela 4: Resultados do ensaio de Resistência a compressão

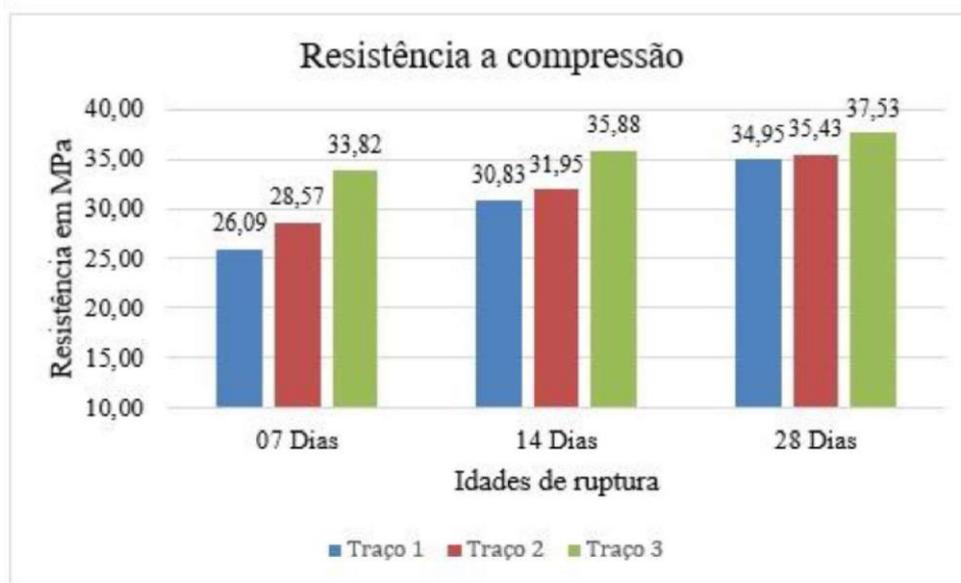
Traços	7 Dias (MPa)	14 Dias (MPa)	28 dias (MPa)	Desvio padrão 5,5 MPA aos 28 dias
Traço 1- 0,0%	26,09	30,83	34,95	40,45
Traço 2- 0,5%	28,57	31,95	35,43	40,93
Traço 3- 0,8%	33,82	35,88	37,53	43,03

Fonte: Os autores.

A NBR 11768 (ABNT, 2011) estabelece que traços com adição de aditivo retardador de pega devem atingir aos 28 dias 100% resistência do traço referência. Analisando os resultados

obtidos nestes traços percebe-se que, com 7 dias, o traço de referência alcançou 74,54% de resistência, enquanto os traços em que foi adicionado aditivo aos 7 dias de ruptura atingiram 89,13% de resistência. Analisando com 14 dias de ruptura, o traço referência alcançou 88,09% de resistência e o traços com aditivo alcançaram 96,90% de resistência, conforme demonstra o gráfico da Figura 10.

Figura 10: Resistência a Compressão



Fonte: Os autores.

6. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após a análise dos resultados do programa experimental proposto neste estudo, que analisou a influência do aditivo retardador de pega por meio de ensaios no concreto em estado fresco e endurecido com adição de diferentes quantidades de aditivos, foi possível obter as conclusões necessárias para que se compreenda o processo do concreto.

Com base no traço referência e com a adição do aditivo retardador, gradativamente, observou-se que nos ensaios o concreto fresco com a adição de 0,5% de aditivo não obteve uma diferença significativa na consistência e manutenção do concreto. Já com a adição de 0,8% de aditivo obteve uma abertura no concreto e o aditivo conseguiu retardar bem a trabalhabilidade nos primeiros 60 minutos, sendo assim pode-se concluir que para retardar a pega do concreto neste traço rodado o ideal é utilizar uma quantidade acima de 0,8%.

Analisando os resultados do concreto no estado endurecido, depreende-se que conforme a norma ABNT NBR 11768:2011, o aditivo cumpriu com o seu requisito atingindo 70% da resistência na ruptura de 14 dias e, conseqüentemente, 100% aos 28 dias como descrito na norma para aditivos retardadores de pega. E levando em consideração o desvio padrão o traço sem adição de aditivo retardador de pega também atingiu 100% de sua resistência característica.

Sendo assim podemos concluir que os objetivos proposto no inicio deste trabalho, como analisar a atuação de aditivos nos concretos nos estados frescos e endurecido, medir a trabalhabilidade conforme a ABNT NBR 11768-1 nos tempos 0, 20, 40 e 60 minutos para as porcentagens de 0,5% e 0,8% de aditivo retardador de pega em relação ao quilo do cimento e realizar ensaios de resistência à compressão axial conforme a norma ABNT NBR 5739 para as idades de 7, 14 e 28 dias foram cumpridos de forma satisfatória.

Em suma, é sabido que o mundo da construção civil está em constante evolução, em decorrência disto cada dia mais os estudos e experimentos são fundamentais. Nesse sentido, sugere-se que para estudos e experimentos futuros baseados neste tema seja utilizada um quantidade de aditivo superior a 0,8%, e para melhor análise do concreto no estado fresco seja feito o acompanhamento de quanto tempo após a moldagem dos cps o concreto começa a perder pega e acompanhamento da liberação do calor de hidratação do concreto. Para uma melhor análise da influência do aditivo na resistência do concreto, é preciso que seja feito o ensaio de resistência a compressão com 12 hrs e 3 dias.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDOLFATO, Rodrigo Piernas. Controle tecnológico básico do concreto. Núcleo de Ensino e Pesquisa da Alvenaria Estrutural. UNESP. Disponível em:

<https://www.feis.unesp.br/Home/departamentos/engenhariacivil/nepae/controle-tecnologicobasico-do-concreto.pdf>. Acessado em: 12 de abril de 2023, às 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 7211/2005: Agregados para concreto - Especificação. Rio de Janeiro, 1983. Disponível em:

<https://engenhariacivilfsp.files.wordpress.com/2015/03/nbr-07211-2005-agregados-paraconcreto-especificacao.pdf>. Acessado em: 22 de março de 2023, às 22h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 94790/2006: Argamassa e Concreto – Câmaras úmidas e tanques de cura de corpo de prova. Rio de Janeiro, 2006. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbrnm/1347/nbr9479-argamassa-e-concreto-camaras-umidas-e-tanques-para-cura-de-corpos-deprova>. Acessado em: 15 de março de 2023, às 23h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA NORMAS TÉCNICAS – ABNT NBR 11768/2011: Aditivos químicos para concreto de cimento Portland – Requisitos. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em:

<https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/1415/nbr11768-aditivos-quimicospara-concreto-de-cimento-portland-requisitos>. Acessado em: 05 de abril de 2023, às 19h 25min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5738/2015 (2016): Concreto- Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <http://www2.uesb.br/biblioteca/wp-content/uploads/2022/03/NBR-5738CONCRETO-PROCEDIMENTO-PARA-MODELAGEM-E-CURA.pdf>. Acessado em: 20 de abril de 2023, às 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16697/2018: Cimento Portland _ Requisitos. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: <https://site.abece.com.br/nova-nbr-14931-e-publicada/>. Acessado em: 10 de maio de 2023, 16h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 5739/2018: Concreto _ Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos. Rio de Janeiro, 2018. Disponível em: https://www.gov.br/dnit/pt-br/assuntos/planejamento-e-pesquisa/ipr/coletaneade-normas/coletanea-de-normas/metodo-de-ensaio-me/dner_me_091_98.pdf. Acessado em: 02 de maio de 2023, às 11h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889/2020: Concreto _ Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbrnm/12956/nbr16889-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-decone>. Acessado em: 12 de março de 2023, às 23h 15min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 16889/2020: Concreto _ Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbrnm/12956/nbr16889-concreto-determinacao-da-consistencia-pelo-abatimento-do-tronco-decone>. Acessado em: 12 de março de 2023, às 23h 15min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7212/2021: Execução de concreto dosado em central. Rio de Janeiro, 2012. Disponível em: https://professor.pucgoias.edu.br/SiteDocente/admin/arquivosUpload/15030/material/NBR%207212%20-%202012_aula_sitepuc.pdf. Acessado em: 18 de março de 2023, às 18h 50min.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7211/2022: Agregados para concreto _ Requisitos. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/238/abnt-nbr7211-agregados-paraconcreto-requisitos>. Acessado em: 05 de maio de 2023, às 14h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 12655/2022: Concreto de cimento Portland _ Preparo, controle, recebimento e aceitação _ Procedimento. Rio de Janeiro, 2022. Disponível em: <https://www.normas.com.br/visualizar/abnt-nbr-nm/6336/nbr12655-concreto-de-cimentoportland-preparo-controle-recebimento-e-aceitacao-procedimento>. Acessado em: 18 de abril de 2023, às 20h.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 14931/2023 Execução de estruturas de concreto armado, protendido e com fibras _ Requisitos. Rio de

Janeiro, 2023. Disponível em: <https://site.abece.com.br/nova-nbr-14931-e-publicada/>. Acessado em: 08 de maio de 2023, às 14h.

BASTOS, Paulo Sérgio. O concreto é um material composto constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita). Disponível em: <https://wwwp.feb.unesp.br/pbastos/concreto1>. Acessado em: 29 de abril de 2023, às 21h.

BATTAGIN, A. F. Uma breve história do cimento Portland. Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP) Disponível em: <https://pt.scribd.com/doc/68183053/Uma-breve-historia-documento-Portland>. Acessado em: 30 de março de 2023, às 18h.

BEZERRA, Lucas Marques. Acompanhamento do processo produtivo do cimento portland da indústria de cimento portland Mizu-Baraúna/RN. TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Universidade Federal Rural do Semi-Árido. Mossoró – RN, 27 p., 2019. Disponível em: <https://repositorio.ufersa.edu.br/handle/prefix/3706>. Acessado em 25 de abril de 2023, às 18h.

GONÇALVES, E. M.; MELGES, J. L. P.; FERREIRA, M. M. Cimento Portland composto com filler calcário e aditivos químicos: avaliação da resistência à compressão axial e análise microestrutural. In: Congresso Brasileiro de Materiais de Construção, 2017, Gramado. Anais do Congresso Brasileiro de Materiais de Construção, 2017. Disponível em: <https://www.cbmac.com.br/>. Acessado em: 29 de abril de 2023, às 15h.

HELENE, P. R. L. Dosagem de Cimento Portland. In: ISAIA, G. C. (Ed.). Concreto: ensino, pesquisa e realizações. São Paulo: IBRACON, 2005. v. 1, p. 75-107. Disponível em: <https://www.phd.eng.br/wp-content/uploads/2014/07/lc56.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2023, às 12h.

LIMA, João Lucas Rufino. Estudo comparativo entre estrutura metálica e de concreto armado em uma edificação: estudo de caso. TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Faculdade de Tecnologia e Ciências Sociais e Aplicadas – Centro Universitário de Brasília. Brasília, 74 p., 2017. Disponível em: <https://repositorio.uniceub.br/jspui/bitstream/prefix/13187/1/21113328.pdf>. Acessado em 18 de março de 2023, às 17h 40min.

NEVILLE, Adam M. Properties of concrete. 4 ed. London: Longman Scientific and Technical, 1994.

SILVA, M. A. O.; MARTINS, E. S. Uma revisão histórica sobre o cimento Portland. In: 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017, Bento Gonçalves. Anais do 59º Congresso Brasileiro do Concreto, 2017. Disponível em: <https://abcp.org.br/eventos/cb-2017/trabalhos-completos/>. Acesso em: 29 de abril de 2023, às 17h.

TECNOSIL (Brasil). Concreto. In: TECNOSIL (Brasil). Aditivos para concreto: principais tipos e para que servem. [Itupeva, SP]: Tecnosil, 2020. Disponível em: <https://www.tecnosilbr.com.br/aditivos-para-concreto-principais-tipos-e-para-que-servem-2/>. Acesso em: 15 de maio de 2023, às 20h.

TEIXEIRA, Edimar Enrique Edison Brito. Análise da influência da dosagem de concreto realizada sem controle tecnológico no cálculo estrutural em comparação a dosagem com controle tecnológico efetivo. TCC (Bacharel em Engenharia Civil). Rede de Ensino Doctum –

Unidade João Monlevade, 58p., 2019. Disponível em: <https://dspace.doctum.edu.br/bitstream/123456789/3115/1/AN%C3%81LISE%20DA%20INF%20LU%C3%81NCIA%20DA%20DOSAGEM%20DE%20CONCRETO%20REALIZADA%20SEM%20CONTROLE%20TECNOL%C3%93GICO%20NO%20C%C3%81LCULO%20ES%20TRUTURAL%20EM%20COMPARA%C3%87%C3%83O%20A%20DOSAGEM%20COM%20CONTROLE%20TECNOL%C3%93GICO%20EFETIVO.pdf>. Acessado em: 15 de maio de 2023, às 15h.

TUTIKIAN B. F., ISAIA G. C., HELENE P. Concretode Alto e Ultra-Alto Desempenho. In: ISAIA, G.C. (ed.). Concreto: Ciência e Tecnologia. São Paulo, Instituto Brasileiro do Concreto (IBRACON), 2011. Disponível em: <file:///C:/Users/cnste/Downloads/ConcretodeAltoeUltraAltoDesempenho.pdf>. Acesso em: 01 de junho de 2023, às 20h 30min.

ANÁLISE COMPARATIVA DE DESEMPENHO TÉRMICO EM COBERTURAS COM TELHA DE CONCRETO, FIBROCIMENTO E ISOTÉRMICA

COMPARATIVE ANALYSIS OF THERMAL PERFORMANCE IN ROOFING WITH CONCRETE, FIBER CEMENT, AND ISOTHERMAL TILES

MORAIS FILHO, Denio Losi de¹; ROCHA, Willian Garcia²; SANTOS, Pablo Conceição dos³; TENÓRIO, Helen Oliveira⁴

RESUMO

O objetivo deste estudo foi medir o desempenho térmico, verificar o atendimento da norma e classificar cada um dos três sistemas de cobertura entre mínimo, intermediário e superior, seguindo todas as orientações normativas das NBR 15220 e NBR 15575 de desempenho térmico em estruturas. Os sistemas de cobertura com telha de concreto, com telha de fibrocimento e com telha isotérmica foram avaliados por duas metodologias distintas, uma baseada nas propriedades de cada material que compõe o sistema de cobertura, calculando a transmitância térmica, e a outra, utilizando uma comparação de temperatura externa e interna. Ao final de cada análise, foi possível classificar os sistemas e entender quais propriedades mais influenciam na eficiência de uma cobertura, comprovando a melhor eficiência de sistema de cobertura com telha isotérmica.

Palavras-chaves: Transmitância térmica, Calor, Temperatura, NBR 15220, NBR 15575.

ABSTRACT

The objective of this study was to measure the thermal performance, verify compliance with the standard and classify each of the three roofing systems between minimum, intermediate and superior following all the normative guidelines of NBR 15220 and NBR 15575 of thermal performance in structures. The roofing systems with concrete tile, fiber cement tile and isothermal tile were evaluated using two different methodologies, one based on the properties of each material that compose the roofing system, calculating the thermal transmittance and the other using a temperature comparison external and internal. At the end of each analysis, it was possible to classify the systems and understand which properties most influence the efficiency of a roof, proving the best efficiency of the roofing system with isothermal tile.

¹ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: denio_losi@hotmail.com

² Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: pabblosantos@gmail.com

³ Acadêmico do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: williangr1@gmail.com

⁴ Orientadora do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUNICAMPS. E-mail: Helen.tenorio@facunicamps.edu.br

KeyWord: thermal transmittance, heat, temperature, NBR 15220, NBR 15575.

1.INTRODUÇÃO

Nos últimos anos, o conforto térmico em ambientes construídos tem sido cada vez mais valorizado, e a escolha de materiais para as coberturas das edificações tem se tornado um aspecto relevante nesse sentido. A cobertura é um elemento fundamental na construção civil, sendo responsável por proteger a edificação das intempéries climáticas, além de contribuir para o conforto térmico do ambiente interno.

É importante que sejam utilizados materiais que apresentem boas propriedades térmicas, visando a economia de energia e o conforto dos usuários. Nesse contexto, a escolha do tipo de telha para cobertura pode influenciar diretamente no desempenho térmico da edificação. Existem diversas opções disponíveis no mercado, como as telhas de concreto, fibrocimento e isotérmica, cada uma com características específicas, o que torna a investigação do desempenho térmico desses materiais uma questão crucial.

Na construção civil, as normas técnicas são essenciais para garantir a segurança e o desempenho das edificações, bem como para a melhoria do conforto térmico e acústico dos usuários. Nesse sentido, duas normas técnicas relevantes para a construção civil são a NBR 15220 (ABNT, 2005) e a NBR 15575 (ABNT, 2013), que tratam, respectivamente, do zoneamento bioclimático brasileiro e das exigências de desempenho das edificações habitacionais.

A NBR 15220 (ABNT, 2005) estabelece diretrizes para a construção de edificações de interesse social, com base no clima e na região em que se encontram. Isso permite a escolha adequada de materiais e tecnologias construtivas que proporcionem conforto térmico, reduzam o consumo de energia e favoreçam a sustentabilidade das edificações. Já a NBR 15575 (ABNT, 2013) define os requisitos mínimos de desempenho para os sistemas estruturais, vedações verticais e coberturas das edificações habitacionais, com o objetivo de garantir segurança, conforto, higiene e saúde dos usuários.

No que se refere à cobertura das edificações, a NBR 15575 (ABNT, 2013) estabelece que os sistemas devem garantir o conforto térmico, a proteção contra intempéries e a durabilidade. No entanto, a norma não especifica um tipo de cobertura específico, deixando a escolha a critério do projetista ou construtor. Neste contexto, a análise comparativa de desempenho térmico em coberturas com telha de concreto, fibrocimento e isotérmica pode

fornecer informações valiosas para a escolha adequada de materiais e tecnologias construtivas, levando em consideração o clima e as condições locais.

Ao comparar as telhas de concreto, fibrocimento e isotérmicas, espera-se obter informações importantes sobre o desempenho térmico de cada material em diferentes condições climáticas. Essas informações podem ser úteis tanto para profissionais que estão projetando e construindo novas edificações quanto para aqueles que estão buscando soluções para melhorar o conforto térmico em edificações já existentes.

O presente estudo tem o objetivo de analisar comparativamente o desempenho térmico de coberturas com telha de concreto, fibrocimento e isotérmica com base nas normas NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2005). Como objetivos específicos buscou-se: comparar a diferença de temperatura interna e externa entre as coberturas com telha de concreto, fibrocimento e isotérmica, todos os sistemas com laje de concreto, seguindo as diretrizes da NBR 15220 (ABNT, 2005); verificar se as coberturas atendem aos requisitos de desempenho térmico estabelecidos pela NBR 15575 (ABNT, 2013); por modelos analíticos analisar a transmitância térmica dos três sistemas de cobertura (laje de concreto e variação da telha), a fim de identificar as suas eficiências térmicas em conformidade com a norma ABNT NBR 15575 (ABNT, 2013).

A análise comparativa do desempenho térmico de coberturas com diferentes materiais é um tema relevante na área da construção civil, já que pode influenciar no conforto térmico dos usuários e no consumo energético do edifício. Nesse sentido, justifica-se a realização de um estudo que possa investigar e comparar o desempenho térmico de coberturas com telha de concreto, fibrocimento e isotérmica, tendo como base as normas NBR 15575 (ABNT, 2013) e NBR 15220 (ABNT, 2005).

Além disso, este estudo pode contribuir para o desenvolvimento de tecnologias que possam reduzir o impacto ambiental da construção civil, já que o consumo energético de edifícios pode representar uma parcela significativa das emissões de gases de efeito estufa. A partir dos resultados obtidos, será possível identificar quais materiais apresentam melhor eficiência energética, possibilitando a escolha de materiais mais adequados para cada contexto específico.

Por fim, é importante destacar que a realização de um estudo que investigue o desempenho térmico de coberturas com diferentes materiais é fundamental para aprimorar as tecnologias existentes na construção civil, garantindo conforto térmico para os usuários e reduzindo o impacto ambiental. A comparação dos resultados com as normas estabelecidas pela ABNT permitirá a verificação do atendimento aos requisitos técnicos necessários para garantir a qualidade da edificação.

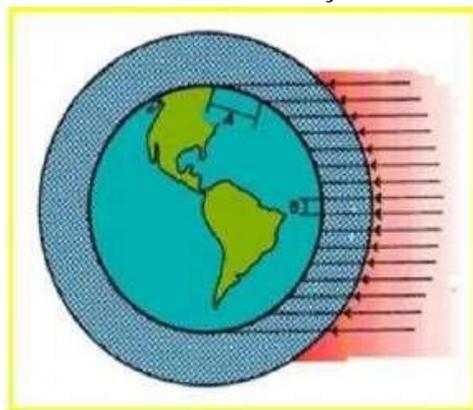
2.REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste conteúdo da revisão bibliográfica, serão apresentadas referências, normativas e metodologias a aplicar no desenvolvimento para a comparação dos três sistemas de coberturas.

A potência da radiação solar é influenciada pelo comprimento da trajetória percorrida pelos raios solares através da atmosfera, que por sua vez é condicionada pela altura solar, que varia de acordo com a hora do dia, como mostrado na figura 1. O impacto da radiação solar nas edificações é determinado por diversos fatores, como as condições atmosféricas, a localização geográfica, o ângulo de incidência dos raios solares nas superfícies e no solo, a distância percorrida pela radiação ao atravessar a atmosfera e a composição da própria atmosfera.

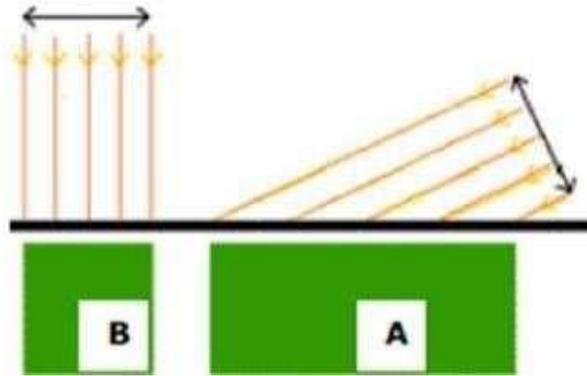
Nos estudos relacionados ao desempenho térmico de telhas, é essencial considerar a influência da radiação solar incidente, a qual apresenta variações significativas de acordo com a latitude. Conforme destacado por Peralta (2016), em latitudes próximas ao equador, os raios solares incidem perpendicularmente à superfície terrestre (B), enquanto em latitudes mais elevadas, o ângulo de incidência é inferior a 90° (A). Além disso, é fundamental observar que, nessas latitudes mais elevadas (A), os raios solares têm um trajeto mais longo pela camada atmosférica, resultando em uma radiação solar de menor intensidade que alcança a superfície. A variação na orientação e inclinação das superfícies pode, portanto, influenciar os níveis de radiação solar incidente, sendo relevante ressaltar que a intensidade e o ângulo da radiação solar também variam ao longo das diferentes épocas do ano, conforme ilustrado na figura 2.

Figura 1 - Variação da intensidade da radiação solar conforme a latitude



Fonte: Gonzalez (1986).

Figura 2 - Representação da radiação solar, incidente em A e B.

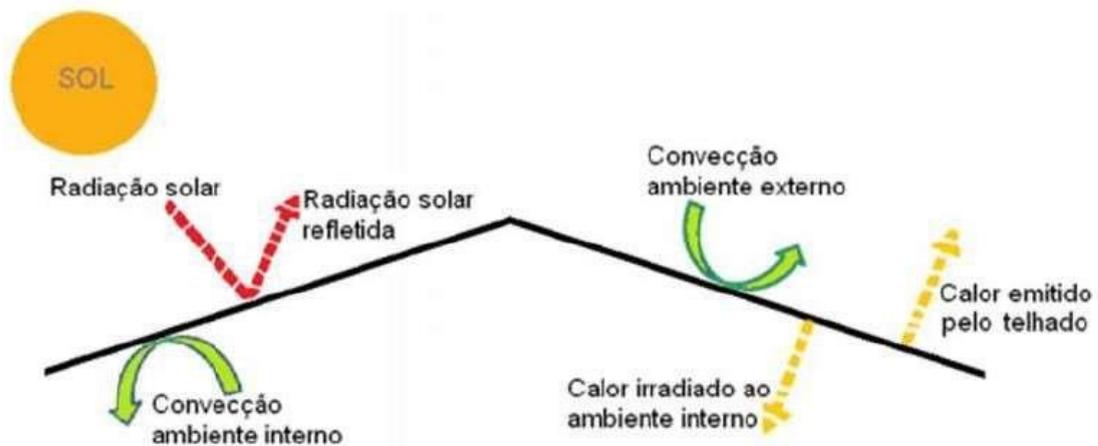


Fonte: Gonzalez (1986).

Segundo Silveira (2003), as coberturas recebem uma incidência solar maior do que as paredes, pois estão mais expostas. A incidência solar nas coberturas pode chegar a 12 horas por dia, dependendo da época do ano, enquanto que as paredes recebem entre 5,5 e 6 horas de sol, para latitudes maiores.

É durante o verão que ocorre o maior ganho de calor nas edificações, devido à grande incidência solar. Quando a radiação solar incide na edificação e no seu entorno, é convertida em energia radiante na faixa correspondente ao infravermelho, o que contribui para o aumento da temperatura interna do ambiente (PERALTA, 2016).

Figura 3 - Esquemas de trocas de calor de um telhado



Fonte: Peralta (2016).

A cor da superfície externa pode influenciar a transmissão da radiação solar, afetando o desempenho térmico da edificação. Isso ocorre porque parte da radiação absorvida é convertida em calor, que é transmitido para o interior da edificação (PERALTA, 2016).

2.1 Mecanismos de Transferência de Calor

A termodinâmica define tipos de energia, trabalhos, processos e suas medidas. Como também discute a temperatura e as suas escalas.

O calor é definido como uma forma de energia transferida entre dois sistemas (ou entre um sistema e sua vizinhança) em virtude da diferença de temperatura. Ou seja, uma interação de energia só é calor se for ocorrida devido à uma diferença de temperatura. Dessa forma, não pode haver qualquer transferência de calor entre dois sistemas que estejam à mesma temperatura. Conforme Çengel e Boles (2013).

Sendo assim, toda energia solar irradiada sobre um sistema de cobertura vai gerar calor, este por sua vez será transferido para a parte interna do sistema, devido à diferença de temperatura entre elas até estarem em equilíbrio. Esta transferência se dará sempre da maior temperatura para a menor.

Existem 3 mecanismos de transferência de calor: a condução, convecção e radiação.

Segundo Çengel e Boles (2013):

- A condução é a transferência de energia das partículas mais energéticas de uma substância para as partículas menos energéticas como resultado da interação entre as partículas.
- A convecção é a transferência de energia entre uma superfície sólida e o fluido adjacente que está em movimento.
- A radiação é a transferência de energia devido à emissão de ondas eletromagnéticas (ou fótons).

2.2 Conforto Térmico

Apesar do homem ser adaptável às condições climáticas, ele necessita de várias ferramentas como roupas, edificações e tecnologias para a sua sobrevivência.

Segundo Ashrae (2005), conforto térmico é um estado de espírito que reflete a satisfação com o ambiente térmico que envolve a pessoa.

Diante da necessidade do ser humano, a engenharia e arquitetura vêm através de suas tecnologias proporcionar condições satisfatórias de vivências em cada região, segmentando condições climáticas e desenvolvendo sistemas cada vez mais eficientes ao conforto humano dentro de suas construções.

Conforme Rivero (1986), o ser humano intercambia calor com todo entorno. Daí que seu conforto térmico depende das temperaturas e emissividades das superfícies dos fechamentos e dos equipamentos que o rodeiam, da radiação solar que penetra pelas vidraças e da ventilação.

2.3 Propriedades Termofísicas e Características dos Materiais

O aperfeiçoamento da atividade térmica das telhas e de outros componentes necessita de um estudo detalhado que aborde todos os aspectos relacionados aos materiais de construção relacionados ao clima. Quando os ladrilhos são expostos a altas temperaturas, eles mantêm o calor e o dissipam durante a noite. Esta propriedade varia em função das características térmicas dos materiais e deve ser aplicada tendo em conta as estratégias climáticas adequadas a cada local.

Existem diversas propriedades termofísicas dos materiais de construção que têm impacto na transferência de calor. Estas propriedades incluem: absorção, reflexão e emissão de calor (características superficiais em relação à radiação de ondas longas); condutividade térmica dos materiais; capacidade térmica dos materiais; transparência à radiação; resistência e condutância dos componentes; capacidade térmica dos componentes; coeficiente de convecção superficial; características dos materiais (transparentes e opacos) em relação à radiação solar; e coeficiente global de transferência térmica dos componentes (PERALTA, 2016).

Em regiões com clima quente, como o Brasil, utilizar materiais que apresentem menor absorção da radiação solar pode resultar em menor aquecimento nas edificações. Isso contribui para reduzir o ganho de calor, melhorar o conforto dos ocupantes e diminuir o consumo de energia associado ao condicionamento de ar.

A norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005) fornece tabelas contendo as propriedades térmicas dos materiais presentes nos elementos construtivos, bem como os métodos de cálculo para a transmitância térmica, fator solar e atraso térmico de elementos homogêneos e heterogêneos. Dessa forma, é possível compreender o comportamento termal dos materiais e elementos construtivos com base em suas propriedades térmicas.

O quadro 1 apresenta algumas definições.

Quadro 1 - Características térmicas de materiais, elementos e componentes construtivos

Emissividade	Capacidade de um objeto emitir radiação eletromagnética (no nosso caso, energia infravermelha) quando o comparamos com o chamado "corpo negro" para a mesma temperatura e comprimento de onda. A energia emitida é proporcional à quarta potência da temperatura de um objeto.
Emitância	Emissão de radiação por unidade de área

Absortância à radiação solar	Taxa de absorção de radiação solar por uma superfície dividida pela taxa de radiação solar incidente nesta mesma superfície.
Absortância em ondas longas	Taxa de absorção de radiação de ondas longas por uma superfície dividida pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta mesma superfície.
Refletância à radiação solar	Taxa de reflexão de radiação solar por uma superfície dividida pela taxa de radiação solar incidente sobre esta mesma superfície.
Refletância em ondas longas	Taxa de reflexão de radiação de ondas longas por uma superfície dividida pela taxa de radiação de ondas longas incidente sobre esta mesma superfície.

Fonte: ABNT, NBR 15220-1, 2005

2.4 Coberturas

Toda área externa de uma edificação é composta por diversos componentes, como paredes, telhados, portas e janelas, que desempenham um papel fundamental ao oferecerem proteção contra as variações climáticas do meio externo, como temperatura, radiação solar e umidade. Ao compreender os processos físicos que ocorrem na envoltória e as propriedades dos materiais utilizados em cada componente, é possível obter informações sobre a energia térmica e, conseqüentemente, o desempenho térmico tanto de cada elemento individual quanto de toda a edificação.

Segundo Dominguez et al (1992), as coberturas têm uma importância crucial nas edificações, pois é através delas que a casa obtém proteção contra interferências externas, como chuva, vento, sol e outros elementos. Através do isolamento térmico, impede-se que a umidade proveniente tanto do ambiente externo quanto interno afete as paredes. Esse efeito é alcançado devido ao material utilizado, que mantém uma temperatura equilibrada nos espaços, evitando extremos de frio ou calor, mesmo em locais climatizados, regiões frias ou com alta incidência de chuvas.

Além disso, o isolamento térmico também previne qualquer forma de infiltração. No entanto, essa proteção está diretamente ligada às propriedades térmicas dos elementos que compõem a cobertura, os quais podem criar condições internas menos favoráveis do que o ambiente externo. Dessa forma, as coberturas devem ser eficientes em diversos aspectos, como desempenho estrutural, térmico, acústico, impermeabilidade, resistência a incêndios, entre outros.

A inclinação do telhado está diretamente ligada ao tipo de cobertura empregada e a atuação do vento na região, atentando principalmente para o melhor escoamento das águas pluviais, impedindo a transmissão de umidade para o interior do imóvel.

Em lugares muito quentes como o nordeste brasileiro, uma boa inclinação aliada a uma altura considerável do telhado, ameniza a temperatura interna da edificação. Nesses lugares é importante a utilização de um BEIRAL amplo – parte saliente de um telhado que protege a edificação do sol e da chuva.

Segundo (Buzar) para um conforto térmico satisfatório as telhas devem ser utilizadas em coberturas com inclinação de 15% a 35%, dependendo do fator de transmitância térmica de cada telha.

2.5 Desempenho térmico de telhas

O grande fator que define o desempenho térmico de uma telha está ligado às propriedades do material que esta telha é feita, sua espessura e principalmente da coloração da sua superfície.

A eficiência térmica dos telhados é diretamente influenciada pelas condições climáticas da região onde a construção é realizada, pelas propriedades dos materiais que compõem a estrutura do telhado, sua coloração e as espessuras dos materiais do sistema de cobertura. Um estudo conduzido por Silveira et al. (2004) revelou que as coberturas estão mais expostas à radiação solar em comparação às paredes, recebendo uma média de 12 horas de exposição solar ao longo do ano. Já as paredes, por sua vez, recebem apenas de 5,5 a 6 horas de radiação térmica direta, especialmente em latitudes mais altas.

Durante o verão, a intensidade da radiação solar que atinge as telhas se torna uma preocupação, especialmente em edificações de baixo custo onde as espessuras dos componentes do sistema de cobertura tendem a ser mais econômicos, e conseqüentemente, mais finos. Essa radiação solar é convertida em energia radiante infravermelha ao entrar em contato com a edificação e seu entorno, resultando no aumento da temperatura interna. Durante o inverno, os ganhos de calor solar e interno mantêm a temperatura do ar interno mais alta do que a temperatura externa, mas é o telhado que causa as maiores perdas térmicas. Esse fenômeno é particularmente evidente em noites com céu claro, quando o resfriamento radiativo faz com que a superfície externa do telhado fique mais fria do que o ar externo.

De acordo com Givoni (1981), a influência da radiação solar pode ser controlada pela escolha da cor da telha, o que, por sua vez, afeta o desempenho térmico da edificação. Parte da radiação solar absorvida é convertida em calor e transmitida para o interior da edificação.

Para Oliveira et al, (2016), telhado de fibrocimento é o material de cobertura mais barato e possui uma grande diversidade de aplicações como habitações de interesse social, instalações

rurais, galpões industriais e obras de infraestrutura, em comparação a diversos sistemas disponíveis no país com outros tipos de telhas no mercado brasileiro.

Simioni et al. (2003) realizaram análises de desempenho térmico de coberturas por meio de simulações computacionais, com o objetivo de fornecer orientações aos profissionais da construção civil na seleção adequada do tipo de cobertura. Em uma dessas simulações, investigaram o impacto da cor em telhas de fibrocimento com diferentes níveis de absorvância, levando em consideração também uma laje de concreto de 10 cm e um reboco de 2 cm. Foi observada uma diferença máxima de aproximadamente 6°C na temperatura superficial interna entre as telhas, considerando diferentes valores de absorvância ($\alpha = 0,2$ e $\alpha = 0,8$).

2.6 Normas brasileiras

No Brasil, diversas pesquisas têm sido conduzidas para analisar e debater as implicações das recomendações presentes nos projetos de normas existentes. Um exemplo é o estudo realizado por Pereira et al. (2005), no qual foram discutidas as recomendações para o projeto arquitetônico no âmbito do Projeto de Norma de Desempenho Térmico de Edificações de Interesse Social. Essa discussão foi embasada em estudos de caso e simulações realizadas na cidade de Belo Horizonte (MG).

As normas NBR 15220 (ABNT, 2005) e NBR 15575-5 (ABNT, 2013) são as principais regulamentações para o desempenho térmico de estruturas. A norma NBR 15220 (ABNT, 2005), intitulada "Desempenho Térmico de Edificações". A norma está organizada em cinco partes, seguindo o formato estabelecido pela ABNT, com o objetivo de otimizar o desempenho térmico das edificações por meio de uma melhor adequação ao clima. São elas:

- Parte 1: Definições, símbolos e unidades;
- Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, capacidade térmica, atraso térmico e fator de calor solar de elementos e componentes de edificações;
- Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social;
- Parte 4: Medição da resistência térmica e condutividade térmica pelo princípio da placa quente protegida;
- Parte 5: Medição da resistência térmica e condutividade térmica em regime estacionário pelo método fluximétrico.

É da parte 2 da norma que se extrai grande parte dos dados para este estudo através das tabelas das propriedades térmicas dos materiais, as tabelas para a definição dos fatores de resistência térmica superficial e exemplos de cálculos.

A parte 3 da norma estabelece recomendações de projeto específicas para habitações unifamiliares, levando em consideração a zona bioclimática em que a edificação está situada. O território brasileiro é dividido em oito zonas climáticas e essa parte da norma fornece diretrizes técnicas e construtivas para otimizar e classificar o desempenho térmico das edificações nessas diferentes zonas.

Para a classificação da eficiência térmica dos sistemas de cobertura, a NBR 15575 (ABNT, 2013) possui a tabela mais importante para este estudo em seu anexo I na tabela I.4 onde são classificadas as transmitâncias térmicas dos sistemas de cobertura em função da sua zona bioclimática, a coloração da superfície da cobertura e a própria transmitância térmica encontrada.

2.7 Transmitância térmica

O coeficiente de transferência de calor, denotado por U (unidade: $W/(m^2K)$), é uma medida da resistência térmica total inversa, calculada pela equação (1):

$$U = 1/RT \quad (1)$$

Onde:

U – Transmitância térmica

RT – Resistência térmica do sistema

A resistência térmica total é chamada de RT (unidade: $(m^2K)/W$), que corresponde à soma dos valores de resistência térmica de uma classe de elementos ou componentes, calculada com a equação (2), incluindo resistência de superfície interna e externa da tabela abaixo:

$$RT = R_{se} + R_t + R_{si} \quad (2)$$

Onde:

RT – Resistência térmica do sistema

R_{se} – Direção do fluxo de calor externo

R_t – Resistência térmica dos materiais

R_{si} – Direção do fluxo de calor interno

Tabela 1 – Resistência térmica superficial interna e externa

$R_{si} (m^2.K)/W$			$R_{se} (m^2.K)/W$		
Direção do fluxo de calor			Direção do fluxo de calor		
Horizontal	Ascendente	Descendente	Horizontal	Ascendente	Descendente
0,13	0,10	0,17	0,04	0,04	0,04

Fonte: ABNT, NBR 15220, 2003

1º Periódico da Unicamps Ciência

Unicamps Ciências Exatas. V.1 nº 1 ago. /dez.2023

Para determinar essas resistências, recomenda-se usar valores obtidos por meio de mensurações feitas em testes padronizados sempre que possível. Porém, também é possível calcular valores com fórmulas específicas para cada fração de material homogêneo. O cálculo da resistência térmica requer informações como a espessura do material (representada por "e" e medida em metros) e a sua condutividade térmica. Essas informações são essenciais para determinar o desempenho térmico de um elemento ou componente construtivo, permitindo avaliar a sua capacidade de transferir calor.

A condutividade térmica, representada pelo símbolo λ (unidade: W/(mK)), é uma propriedade física de um material homogêneo e isotrópico que descreve o fluxo constante de calor através dele quando sujeito a um gradiente de temperatura uniforme de 1 Kelvin por metro. Essa propriedade é utilizada para caracterizar a capacidade de um material em conduzir o calor calculada através da equação (3):

$$R_t = (e / \lambda) + R_{ar} \quad (W / m^2 \times ^\circ C) \quad (3)$$

Onde:

R_t – Resistência térmica dos materiais

λ - Condutividade térmica do material

e - espessura da camada do material

R_{ar} – Resistência da câmara de ar

Tabela 2 – Tabela de propriedades

Anexo D (informativo)

Transmitância térmica, capacidade térmica e atraso térmico de algumas paredes e coberturas

Tabela D.1 - Propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes da tabela D.3

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	1600	0,90	0,92
Argamassa de emboço ou assentamento	2000	1,15	1,00
Concreto	2400	1,75	1,00

Tabela D.2 - Propriedades térmicas dos materiais utilizados nos componentes da tabela D.4

Material	ρ (kg/m ³)	λ (W/(m.K))	c (kJ/(kg.K))
Cerâmica	2000	1,05	0,92
Fibro-cimento	1900	0,95	0,84
Madeira	600	0,14	2,30
Concreto	2200	1,75	1,00
Lâmina de alumínio polido ($\epsilon < 0,2$)	2700	230	0,88
Lã de vidro	50	0,045	0,70

Fonte: ABNT, NBR 15220, 2005

Recomenda-se usar o termo "condutividade térmica aparente" para materiais porosos onde a transferência de calor ocorre por condução, convecção e radiação.

Este termo leva em consideração a natureza porosa do material e as diferentes formas de transferência de calor existentes.

Para situações de calor, a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), no item 5.3.2, diz que a resistência térmica das câmaras de ar ventiladas deve ser igual a resistência das câmaras de ar não ventiladas, conforme tabela 3.

Tabela 3 – Resistência térmica de câmaras de ar

Resistência térmica de câmaras de ar não ventiladas, com largura maior que a espessura:

Natureza da superfície da câmara de ar	Espessura "e" da câmara de ar cm	Resistência térmica R_{ar} $m^2.K/W$		
		Direção do fluxo de calor		
		Horizontal 	Ascendente 	Descendente 
Superfície de alta emissividade $\epsilon > 0,8$	$1,0 \leq e \leq 2,0$ $2,0 < e \leq 5,0$ $e > 5,0$	0,14 0,16 0,17	0,13 0,14 0,14	0,15 0,18 0,21
Superfície de baixa emissividade $\epsilon < 0,2$	$1,0 \leq e \leq 2,0$ $2,0 < e \leq 5,0$ $e > 5,0$	0,29 0,37 0,34	0,23 0,25 0,27	0,29 0,43 0,61

Notas:
 1 ϵ é a emissividade hemisférica total.
 2 Os valores para câmaras de ar com uma superfície refletora só podem ser usados se a emissividade da superfície for controlada e previsto que a superfície continue limpa, sem pó, gordura ou água de condensação.
 3 Para coberturas, recomenda-se a colocação da superfície refletora paralelamente ao plano das telhas (exemplo C.6 do anexo C); desta forma, garante-se que pelo menos uma das superfícies - a inferior - continuará limpa, sem poeira.
 4 Caso, no processo de cálculo, existam câmaras de ar com espessura inferior a 1,0 cm, pode-se utilizar o valor mínimo fornecido por esta tabela.

Fonte: ABNT, NBR 15220, 2005

Para determinar as resistências térmicas de câmaras de ar, são apresentados valores específicos conforme as normas estabelecidas pela ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas) em 2005. Essas normas fornecem diretrizes para o cálculo e a medição das propriedades térmicas de materiais e componentes construtivos, contribuindo para a avaliação e o projeto adequado do desempenho térmico em edificações.

Depois de encontrar o valor da transmitância térmica, cada sistema teve seu desempenho classificado em Mínimo, Intermediário e Superior pela tabela 1.4 do anexo 1 da NBR 15575-5 de 2013, conforme tabela 5.

Mas esta classificação tem de levar em consideração o valor da absorvância " α " dos materiais empregados nos sistemas de coberturas em comparação. A absorvância solar é um índice que representa a quantidade de calor que uma superfície opaca absorve quando sujeita à radiação solar. Este índice está tabelado no Projeto 02:135.07-001/2 e classifica algumas superfícies de materiais usados em coberturas e algumas cores, conforme tabela 4.

Tabela 4 – Absortância dos materiais

Tabela B.2 - Absortância (α) para radiação solar (ondas curtas) e emissividade (ϵ) para radiações a temperaturas comuns (ondas longas)

Tipo de superfície	α	ϵ
Chapa de alumínio (nova e brilhante)	0,05	0,05
Chapa de alumínio (oxidada)	0,15	0,12
Chapa de aço galvanizada (nova e brilhante)	0,25	0,25
Calafração nova	0,12 / 0,15	0,90
Concreto aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Telha de barro	0,75 / 0,80	0,85 / 0,95
Tijolo aparente	0,65 / 0,80	0,85 / 0,95
Reboco claro	0,30 / 0,50	0,85 / 0,95
Revestimento asfáltico	0,85 / 0,98	0,90 / 0,98
Vidro incolor	0,06 / 0,25	0,84
Vidro colorido	0,40 / 0,80	0,84
Vidro metalizado	0,35 / 0,80	0,15 / 0,84
Pintura:		
Branca	0,20	0,90
Amarela	0,30	0,90
Verde clara	0,40	0,90
"Alumínio"	0,40	0,50
Verde escura	0,70	0,90
Vermelha	0,74	0,90
Preta	0,97	0,90

Fonte: ABNT, NBR 15220, 2005

Tabela 5 – Classificação de desempenho em relação à transmitância térmica

Tabela I.4 – Critérios e níveis de desempenho de coberturas quanto à transmitância térmica

Transmitância térmica (U) W/m ² K					
Zonas 1 e 2	Zonas 3 a 6		Zonas 7 e 8 ¹		Nível de desempenho
U ≤ 2,3	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a \leq 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	M
	U ≤ 2,3	U ≤ 1,5	U ≤ 2,3 FV	U ≤ 1,5 FV	
U ≤ 1,5	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a \leq 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	I
	U ≤ 1,5	U ≤ 1,0	U ≤ 1,5 FV	U ≤ 1,0 FV	
U ≤ 1,0	$\alpha^a \leq 0,6$	$\alpha^a > 0,6$	$\alpha^a > 0,4$	$\alpha^a > 0,4$	S
	U ≤ 1,0	U ≤ 0,5	U ≤ 1,0 FV	U ≤ 0,5 FV	

^a Na zona bioclimática 8 também estão atendidas coberturas com componentes de telhas cerâmicas, mesmo que a cobertura não tenha forro.

NOTA O fator de ventilação (FV) é estabelecido na ABNT NBR 15220-2.

Fonte: ABNT, NBR 15575, 2021

Tabela 6 - Condições de ventilação para câmara de ar

Tabela 1 — Condições de ventilação para câmaras de ar

Posição da	Câmara de ar	
câmara de ar	Pouco ventilada	Muito ventilada
Vertical (paredes)	S/L < 500	S/L ≥ 500
Horizontal (coberturas)	S/A < 30	S/A ≥ 30

Onde:
S é a área total de abertura de ventilação, em centímetros quadrados;
L é o comprimento da parede, em metros;
A é a área da cobertura.

Fonte: ABNT, NBR 15220, 2005

A transmitância térmica, também conhecida como coeficiente de transferência de calor, é uma medida da quantidade de calor que atravessa uma camada de um determinado material com uma determinada espessura, quando há uma diferença de temperatura de um grau Celsius entre as duas faces. Essa medida reflete a capacidade de um material em transferir calor.

A tabela 7, retirada da NBR 15575 (ABNT, 2021) é usada para classificar de forma simplificada o desempenho térmico de coberturas para situações de verão em que o fluxo de calor é descendente. Faz-se uma leitura da temperatura do ambiente externo e uma leitura do ambiente interno, identifica-se a zona bioclimática do local estudado, que neste estudo, a cidade de Goiânia -GO está situada na zona 06 e classifica sua eficiência na tabela 7.

Tabela 7 - Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão
Critério – Valores máximos de temperatura

Nível de desempenho	Critério	
	Zonas 1 a 7	Zona 8
M	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$	$T_{i,max} \leq T_{e,max}$
I	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 2^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 10 \text{C})$
S	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 4^\circ \text{C})$	$T_{i,max} \leq (T_{e,max} - 20 \text{C})$

$T_{i,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,max}$ é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 $T_{i,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius;
 $T_{e,min}$ é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius;
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.

Fonte: ABNT, NBR 15575, 2021

3.METODOLOGIA

A pesquisa foi realizada no município de Goiânia no Estado de Goiás, nos bairros Jardim Vitória e Parque das Laranjeiras. Os dados foram coletados em maio de 2023, de edificações expostas às condições solares em horários próximos de 12h00. Foram coletadas informações do clima no momento da leitura de forma que isso não se tornou uma variável e assim foram coletadas informações de temperatura interna e externa das coberturas, utilizando o termômetro digital da figura.

Figura 4 – Termômetro digital utilizado no trabalho.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Foram investigados três tipos de sistemas de cobertura compostos por três tipos de telhas diferentes: telha de concreto, fibrocimento e isotérmica. As coberturas com telha de concreto, fibrocimento e isotérmica têm características diferentes em relação à condutividade térmica e espessura dos materiais utilizados.

A telha de concreto da figura 5 possui uma espessura de 10 mm e uma condutividade térmica média de 1,5 W/mK. Essa telha tem boa resistência mecânica e é relativamente pesada em comparação com outros tipos de telhas.

Figura 5 - Telha de concreto



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A telha de fibrocimento da figura 6 possui espessura de 6 mm e uma condutividade térmica média de 0,25 W/mK. É uma telha leve e resistente à umidade, porém pode ser frágil e quebrar facilmente em caso de impactos.

Figura 6 - Telha de fibrocimento



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A telha isotérmica da figura 7 é uma telha composta por camadas de materiais isolantes, neste caso, o poliestireno, entre duas camadas metálicas de zinco. Sua espessura é de 20 mm e a condutividade térmica é de 0,05 W/mK. É uma telha leve e eficiente em termos de isolamento térmico, mas pode ser mais cara do que outros tipos de telhas.

Figura 7 - Telha isotérmica



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

As leituras foram realizadas num local onde foi possível acessar a cobertura com segurança e facilidade. Foi escolhida uma área representativa da edificação, que não estava sombreada ou protegida de alguma forma, para que as leituras fossem mais precisas.

Após a coleta dos dados, estes foram lançados em uma planilha do Excel para elaboração de um estudo comparativo de valores. Os dados extraídos foram analisados por dois métodos de cálculo para avaliar o desempenho térmico de cada sistema.

3.1. Método 1

O primeiro método para classificar o desempenho térmico de sistema de cobertura foi seguindo a NBR 15220 (ABNT, 2005) através das propriedades e espessuras dos materiais utilizados em cada sistema de cobertura.

O primeiro passo para encontrar a transmitância térmica do sistema de cobertura é encontrando o “Rt” (resistência térmica) de cada elemento que compõe o sistema de cobertura através da equação 1. O lambda “ λ ” representa a condutividade térmica do material, o “e” representa a altura do corte transversal do material e o “Rar” é o valor adotado para representar a parcela de contribuição da câmara de ar¹ entre a telha e a laje.

Em seguida, foi calculada a resistência térmica do ambiente através da equação 2 para determinar o “RT” (resistência térmica global) que é encontrado através da soma do “Rt”, o “Rsi” que é o valor adotado, representando a direção do fluxo de calor interno, e o “Rse” que é a direção do fluxo de calor externo, encontrados na tabela 2.

Depois de determinar o “RT”, é possível determinar a transmitância térmica “U” usando a equação 3.

Após encontrar o valor da transmitância térmica, cada sistema teve seu desempenho classificado pela tabela 5 entre Mínimo, Intermediário e Superior.

3.1.1 Sistema de cobertura com telha de concreto.

Para realizar o cálculo de transmitância térmica no sistema de cobertura com telha de concreto, foram mensuradas as telhas de concreto em 10 milímetros e a laje em 12 centímetros. Como são compostas pelo mesmo material, a condutividade térmica de ambos os materiais é de 1,75 W/mk. De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) em seu item 5.3.2, em situações de verão, deve-se considerar o mesmo valor de câmaras de ar não ventiladas, para câmaras de ar ventiladas. Como a emissividade do telhado de concreto é maior que 0,8 e a câmara de ar é maior que 5 cm, ao consultar a tabela 3,

¹ Conforme NBR 12220-2 (ABNT, 2005 p.4) - 5.3.2 Em condições de verão (ganho de calor)

A resistência térmica da câmara de ar ventilada deve ser igual à da câmara de ar não ventilada e obtida da tabela B.1 (Anexo B- p.8)

adotamos o valor de 0,21 para “Rar”. Como o fluxo de calor em situações de verão é descendente, segundo a tabela 1 os valores para “Rsi” e “Rse” são respectivamente, 0,17 e 0,04. Contudo, determinamos o “U” no valor de 2,023 W/m²k.

3.1.2 Sistema de cobertura com telha de fibrocimento. Seguindo o mesmo roteiro, a telha de fibrocimento mediu 6 milímetros de espessura e a laje, 12 centímetros. A condutividade térmica da telha de fibrocimento possui 0,95 W/mk e a laje de concreto, 1,75 W/mk. Os valores de “Rar”, “Rsi” e “Rse” foram mantidos os mesmos nos valores de 0,21, 0,17 e 0,04.

O valor da transmitância térmica “U” encontrada foi de 2,020 W/m²k.

3.1.3 Sistema de cobertura com telha isotérmica.

Também seguindo o mesmo roteiro de cálculos, as espessuras da telha e da laje foram de 20 milímetros e 13 centímetros, respectivamente. A condutividade térmica da telha isotérmica é de 0,039 W/mk e a condutividade térmica da laje é de 1,75 W/mk. Os valores de “Rar”, “Rsi” e “Rse” foram mantidos os mesmos nos valores de 0,21, 0,17 e 0,04. O valor da transmitância térmica “U” encontrada foi de 0,992 W/m²k.

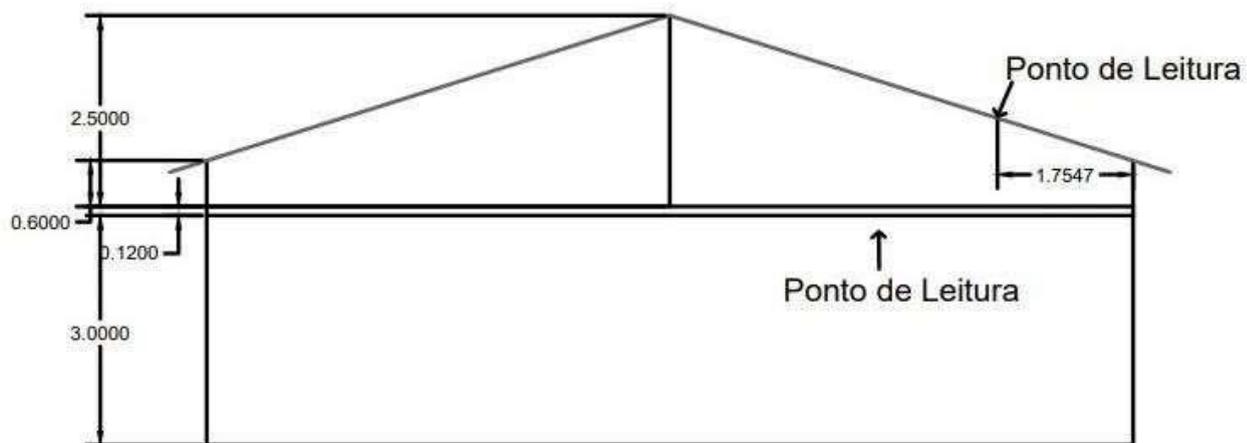
3.2. Método 2

O segundo método para classificar o desempenho térmico de um sistema de cobertura foi através de medições de temperatura externa e temperatura interna para poder comparar a eficiência de cada sistema de cobertura.

3.2.1. Sistema de Cobertura com telha de concreto

Foram coletados os dados de temperatura externa e interna conforme a figura 8 e figura 9, discriminados na tabela 8.

Figura 8 - Detalhamento do sistema de cobertura com telha de concreto



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 9 –Medições de temperatura do sistema de cobertura com telha de concreto



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Tabela 8 – Medições de temperatura da cobertura com telha de concreto.

SISTEMA DE COBERTURA COM TELHA DE CONCRETO			
	TEMP. AMBIENTE - °C	HUM. %	HORA
EXTERNO	29,4	74	12:00
INTERNO	28,5	72	12:02
DIFERENÇA	0,9	--	--

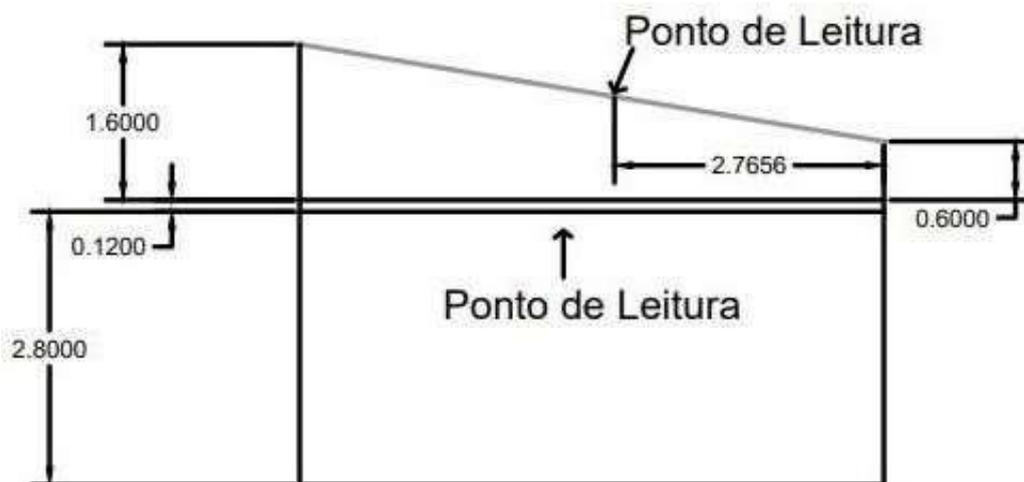
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A temperatura externa foi medida em 29,4°C enquanto a interna foi medida em 28,5 °C, apresentaram uma diferença de temperatura de 0,9°C.

3.2.2. Sistema de Cobertura com telha de fibrocimento

Foram coletados os dados de temperatura externa e interna conforme a figura 10 e figura 11, discriminados na tabela 9.

Figura 10 - Detalhamento do sistema de cobertura com telha de fibrocimento



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 11 – Medição de temperaturas da cobertura com telhas de fibrocimento.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Tabela 9 – Medições de temperatura da cobertura com telha de fibrocimento.

SISTEMA DE COBERTURA COM TELHA DE FRIBROCIMENTO			
	TEMP. AMBIENTE - °C	HUM. %	HORA
EXTERNO	30,2	72	12:11
INTERNO	29,6	69	12:13
DIFERENÇA	0,6	--	--

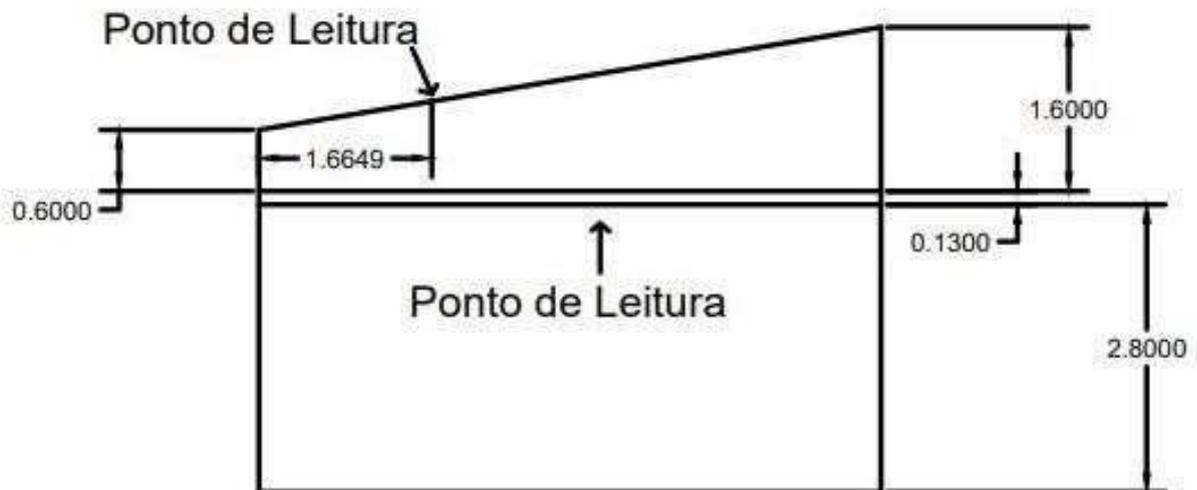
Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A temperatura externa foi medida em 30,2°C enquanto a interna foi medida em 29,6°C, apresentaram uma diferença de temperatura de 0,6°C.

3.2.3. Sistema de Cobertura com telha de isotérmica

Foram coletados os dados de temperatura externa e interna conforme a figura 12 e figura 139, discriminados na tabela 10.

Figura 12 - Detalhamento do sistema de cobertura com telha isotérmica



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Figura 13 – Medição de temperaturas da cobertura com telhas isotérmicas.



Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Tabela 10 – Medições de temperatura da cobertura com telha isotérmica.

SISTEMA DE COBERTURA COM TELHA ISOTÉRMICA			
	TEMP. AMBIENTE - °C	HUM. %	HORA
EXTERNO	32,2	69	12:23
INTERNO	29,9	62	12:26
DIFERENÇA	2,3	--	--

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

A temperatura externa foi medida em 32,2°C enquanto a interna foi medida em 29,9°C, apresentaram uma diferença de temperatura de 2,3°C.

4.RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Método 1

A tabela abaixo foi criada para resumir todos os dados coletados de cada sistema, calcular o valor de suas transmitâncias térmicas e classificar de acordo com os critérios da NBR 15575 (ABNT, 2021).

A tabela 11 apresenta todos os dados necessários para a determinação da transmitância térmica de um sistema de cobertura. Suas colunas são respectivamente, o sistema analisado, cada material que pertence a este sistema, sua condutividade térmica, espessura, resistência térmica interna, resistência térmica externa, resistência térmica da câmara de ar, a transmitância térmica do sistema, qual critério adotado para ser classificado e sua classificação.

Tabela 11 – Resultados e classificações pelo método 1.

SIST. COBERTURA	Material	λ	e (m)	Rsi	Rse	Rar	Rt ¹	RT ²	U ³	lim. NBR	Situação
CONCRETO	TELHA	1.75	0.01	0.17	0.04	0.21	0.284	0.494	2.023	U ≤ 1,5	NÃO ATENDE
	LAJE	1.75	0.12								
FIBROCIMENTO	TELHA	0.95	0.006	0.17	0.04	0.21	0.285	0.495	2.021	U ≤ 1,5	NÃO ATENDE
	LAJE	1.75	0.12								
ISOTERMICA	TELHA	0.04	0.02	0.17	0.04	0.21	0.784	0.994	1.006	U ≤ 1,0	SUPERIOR
	LAJE	1.75	0.13								

Notas

- 1 - $R_t = (e / \lambda)_{telha} + (e / \lambda)_{laje} + R_{ar}$
- 2 - $RT = R_{si} + R_t + R_{se}$
- 3 - $U = 1 / RT$

LEGENDA

- Rt - Resistência Térmica (m².k/w)
- RT - Resistência térmica ambiente a ambiente (m².k/w)
- λ - Condutividade térmica do material (w/m.k)
- e - Espessura da camada do material (m)
- Rse - Resistência Térmica externa ((m².k)/w)
- Rsi - Resistência Térmica Câmara de Ar ((m².k)/w)
- Rar - Resistência Térmica interna (m².k/w)
- U - Transmitância térmica (w/m²k)

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Ao analisar os resultados deste experimento, foi constatado que o sistema de cobertura com telhas de concreto não atendia os requisitos mínimos de desempenho térmico através do método de cálculo em função da transmitância térmica.

O sistema de cobertura com telha de fibrocimento também não atendeu os requisitos mínimos de desempenho térmico que eram de “U” igual a 1,5 W/m²k.

Já o sistema de cobertura com telha isotérmica atendeu muito bem os requisitos mínimos exigidos pela NBR 15575 (ABNT, 2021). Em relação à absorvidade, como o “ α ” da telha isotérmica é menor que 0,6, por se tratar de uma superfície metálica refletora, o requisito mínimo para atender a norma era “U” igual a 2,3 W/m²k, o desempenho intermediário era para resultados até 1,5 W/m²k e para resultados menores ou iguais a 1 W/m²k, a tabela da norma classifica como desempenho superior. O resultado encontrado foi 1,0057 W/m²k, portanto, seu desempenho foi superior.

4.2 Método 2

Para a realização do método 2, foi aferida a temperatura ambiente com um termômetro digital. Também foi aferida a temperatura da superfície da telha e a umidade relativa do ar como mostra a tabela 12.

Tabela 12 – Resultados e classificações pelo método 2.

Análise dos resultados obtidos à partir das medições realizadas				
Sistemas de Cobertura	Nível de desempenho	Critério	Desempenho	Diferença
		Zona 1 a7		
Concreto	Mínimo	$T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$	28,5 °C ≤ 29,4 °C	0,9 °C
Fibrocimento	Mínimo	$T_{i,máx} \leq T_{e,máx}$	29,6 °C ≤ 30,2 °C	0,6 °C
Isotérmica	Intermediário	$T_{i,máx} \leq (T_{e,máx} - 2^\circ \text{C})$	29,9 °C ≤ 32,2 °C	2,3 °C

$T_{i,máx}$. é o valor máximo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,máx}$. é o valor máximo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 $T_{i,mín}$. é o valor mínimo diário da temperatura do ar no interior da edificação, em graus Celsius.
 $T_{e,mín}$. é o valor mínimo diário da temperatura do ar exterior à edificação, em graus Celsius.
 NOTA Zonas bioclimáticas de acordo com a ABNT NBR 15220-3.
 Goiânia está situada na zona bioclimática 6 (CDFHI)

Fonte: Elaborada pelos autores (2023).

Como descrito na tabela 7, os critérios de avaliação quanto ao desempenho térmico de um sistema de cobertura para locais situados entre a zona bioclimática 1 até 7 consideram o requisito mínimo para situações em que a temperatura interna ambiente é inferior à temperatura externa ambiente, como a NBR 15575 (ABNT, 2021) estabelece na tabela 4. Para que o desempenho seja considerado intermediário, o sistema teria que alcançar uma diferença de 2°C e para ser classificado como superior, esta diferença de temperatura teria que possuir, no mínimo, 4°C de diferença.

Como a diferença para o sistema de cobertura com telhas de concreto foi de 0,9°C, o sistema de cobertura com telhas de fibrocimento teve uma diferença de 0,6°C e o sistema de cobertura com telhas isotérmicas teve uma diferença de 2,3°C. Todos os resultados foram

positivos e, conseqüentemente, todos os sistemas alcançaram os requisitos mínimos de desempenho térmico, porém, somente o sistema com telha isotérmica conseguiu alcançar uma diferença de temperatura entre 2°C e 4°C, classificando-se como desempenho intermediário pelo método 2.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Após análise, constatou-se que durante os períodos com temperatura superior a 20 °C, classificados como dias de temperatura elevada, a telha isotérmica apresentou um desempenho significativamente superior em relação às demais, de acordo com os dois métodos empregados neste estudo, ao proporcionar uma redução eficiente da temperatura externa para a interna. No método 1, foi classificada com desempenho superior, e no método 2, como intermediário. Dentre as opções avaliadas, a telha isotérmica demonstrou ser a mais eficiente em termos de condução de calor para o interior do local de avaliação, apresentando a menor transmitância térmica. Como a maioria das características entre os três sistemas eram parecidas, foi concluído que esta grande diferença de resultados está diretamente ligada à espessura da camada de isopor, as propriedades térmicas do isopor e o fluxo de radiação que é refletida da superfície metálica do sistema de cobertura com telha isotérmica.

O sistema de cobertura com telha de concreto e o sistema de cobertura com telha de fibrocimento foram reprovados no método 1 e atenderam as condições mínimas de desempenho térmico pelo método 2. Ao analisar a absorvidade dos telhados, constatou-se que bastaria pintar a superfície das telhas de concreto e telhas de fibrocimento na cor branca, para que tivessem seu alfa abaixo de 0.6, podendo assim, ser classificada dentro do limite mínimo de 2,3 W/m²k, atendendo os requisitos mínimos de desempenho térmico exigidos pela norma.

Apesar do sistema de cobertura com telha de fibrocimento não atenderem as condições mínimas de desempenho, este é o sistema mais comum e usual ao nosso mercado construtivo brasileiro. Levantou-se a questão porque é tão usual?

Em uma análise a campo com alguns construtores alegaram a questão do valor financeiro deste sistema. Não só pelo custo da telha fibrocimento, como também os demais materiais para a construção do sistema.

Este trabalho enfatizou a funcionalidade dos sistemas de cobertura com telhas isotérmicas, concreto e fibrocimento, conforme as normas vigentes de desempenho dos 3 sistemas. Não foi o intuito deste trabalho levantar custos, mas foi notório que o sistema de fibrocimento é o mais usual e não poderia deixar de levantar esta observação sobre a usualidade x valor financeiro que impacta ao mercado construtivo brasileiro.

Foi considerado também, que a inclinação da cobertura de uma edificação é importante para o conforto térmico do usuário, protegendo contra a radiação solar, sendo que uma cobertura inclinada permite um melhor controle da entrada de radiação solar direta em um edifício. Com uma inclinação adequada, é possível reduzir a quantidade de luz solar direta que penetra no interior da edificação, minimizando o aquecimento excessivo nos ambientes e proporcionando uma temperatura mais confortável.

Melhora o desempenho de isolamento térmico, pois uma cobertura inclinada oferece mais espaço para a instalação de materiais isolantes, como lã de vidro, espuma de poliuretano ou poliestireno expandido. Isso ajuda a reter o calor no interior do edifício durante o inverno e a evitar a entrada de calor excessivo durante o verão, contribuindo para um ambiente interno mais agradável.

Portanto, a inclinação da cobertura desempenha um papel crucial no conforto térmico do usuário, proporcionando proteção contra a radiação solar, melhor isolamento térmico, bom escoamento da água da chuva e redução do acúmulo de sujeira. Todos esses fatores contribuem para um ambiente interno mais agradável, termicamente equilibrado e confortável.

6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15220: Desempenho Térmico de Edificações – parte 1: Definições, Símbolos e Unidades. Rio de Janeiro, 2005.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15575-5: Edificações habitacionais – Desempenho Parte 5: Requisitos para sistemas de cobertura – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Projeto 02:135.07-001/2: – Desempenho Térmico de edificações Parte 2: Métodos de cálculo de transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações – Especificação. Rio de Janeiro, 2013.

A IMPORTÂNCIA das coberturas: Coberturas Eficientes. In: A importância das coberturas: Coberturas Eficientes. 10.11.6. 1. ed. Braga/Portugal: Prudencio Impermeabilizações, 27 ago. 2019. Disponível em: <https://prudencio.pt/pt/a-importancia-das-coberturas/#:~:text=As%20coberturas%20s%C3%A3o%20uma%20componente,de%20maior%20fragilidade%20dos%20mesmos>. Acesso em: 23 maio 2023.

AMORIM, C. N. D. et. Al. Janela na edificação: normas e indicações para projeto. In: ENCONTRO NACIONAL SOBRE TECNOLOGIA NO AMBIENTE CONSTRUÍDO ENTAC 2004 – São Paulo – SP, 2004.

ASHRAE. AMERICAN SOCIETY OF HEATING, REFRIGERATING AND AIRCONDITIONING ENGINEERS. ASHRAE Handbook: fundamentals. Atlanta USA: ASHRAE, 2005.

BANSAL, N.K. et. al. Effect of exterior surface colour on the thermal performance of buildings. *Building and Environment*, v. 27, n. 1, p. 31-37, 1992.

BERDAHL, P., & BRETZ, S. E. Preliminary Survey of the solar reflectance of cool roofing materials. *Energy and Buildings*, v.25, 1997.

BLANUSA, P.; GOSS, W.P.; ROTH, H.; WEITZMANN, P.; JENSEN, C.F.; SVENDSEN, S.; ELMAHDY, H. Comparison between ASHRAE and ISO thermal transmittance calculation methods. *Energy and Buildings*, v.39, p.374–384, 2007.

BRETZ, S. et al. Practical issues for using solar-reflective materials to mitigate urban heat islands. *Atmospheric Environment*. v. 32, No. 1, p.95-101, 1998.

CASTRO, A. P. A. S. Análise da refletância de cores de tintas através da técnica espectrofotométrica. 2002. 183p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Faculdade de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Campinas. 2002.

COBERTURA de casa: quais os tipos e porquê fazer isolamento térmico. In: *Cobertura de casa: quais os tipos e porquê fazer isolamento térmico*. 10.11.6. 1. ed. Belo Horizonte/MG: 3TC Isolamento, 15 jan. 2023. Disponível em: <https://www.3tc.com.br/blog/cobertura-de-casa/>. Acesso em: 22 maio 2023.

CENGEL, Y.A.; BOLES, M.A.; *Termodinâmica*; Tradução: Antônio Pertence Júnior. – 7. Edição – Porto Alegre, p.60-62, 2013.

CENGEL, Y.A.; GHAJAR, A.J. *Heat and Mass Transfer: Fundamentals and Applications*. 5th Edition, McGraw-Hill Higher Education, New York, 2011.

COSTA, E. C. Capítulo 6: transmissão de calor. In: COSTA, E. C. *Física aplicada à construção: conforto térmico*, 4ª edição, 1991.

DESEMPENHO TÉRMICO DE EDIFICAÇÕES: Conforto térmico. *Coberturas: EFICIÊNCIA ENERGÉTICA EM EDIFICAÇÕES*, Florianópolis /SC, ano 3, v. 1, n. 1, ed. 3, p. 88-90, março 2016.

FERREIRA, F. L. et al. Medição do albedo e análise de sua influência na temperatura superficial dos materiais utilizados em coberturas de edifícios no Brasil. *Boletim Técnico da Escola Politécnica da USP – Departamento de Engenharia de Construção civil*. São Paulo, 2003.

FROTA, A. B. e SCHIFFER, S. R. *Manual do conforto térmico*. 5ª Edição – São Paulo: Studio Nobel, 2001.

GIVONI, B. *Man, Climate and Architecture*. 2ed. London: Applied Science, 1981.

GONÇALVES, O. Normas técnicas para avaliação de sistemas construtivos inovadores para habitações. In: *Coletânea Habitar*, v. 3, Normalização e certificação na construção habitacional. ROMAN, H. R.; BONIN, L.C. (Ed.). 2003.

GONZALEZ, E. et al. Arquitetura Latino Americanca -Proyeto clima y arquitectura. V.3, Universidade de Zulia, 1986.

LAMBERTS, R.; DUTRA,L. e PEREIRA,F.O.R.; EFICIÊNCIA ENERGÉTICA NA ARQUITETURA; Edição – Rio de Janeiro, p. 46; 2004.

PERALTA, G, Desempenho térmico de telhas: Análise de monitoramento e normalização específica Trabalho de conclusão de curso. Universidade de São Paulo. São Carlos, 2016.

RIVERO, ROBERTO; Arquitetura e Clima: Acondicionamento térmico natural. 2ª Edição – Porto Alegre, p.58, 1986.

SILVEIRA, W.J.C. . Habitação de interesse social em Florianópolis (SC): critério para definição de coberturas. In: Encontro nacional sobre conforto no ambiente construído, 7º Conferência latino-americano sobre conforto e desempenho energético de edificações. 3. ed, Curitiba , 2003.

ARAÚJO, Márcio Augusto. A moderna construção sustentável. Instituto para o Desenvolvimento da Habitação Ecológica. 2005. Disponível em: . Acesso em 22 jun. 13.

Anexo 1 – Memórial de Calculo

1.Transmitância térmica no sistema de cobertura com com telha de concreto.

Dados:

Os valores de condutividade térmica foram extraídos da Tabela 02 do anexo D da NBR 15220 (2005);

As espessuras foram medias no local com auxílio de trena e paquímetro;

De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) em seu item 5.3.2, em situações de verão, deve-se considerar o mesmo valor de câmaras de ar não ventiladas, para câmaras de ar ventiladas. Como a emissividade do telhado de concreto é maior que 0,8 e a câmara de ar é maior que 5 cm, ao consultar a tabela 3, adotamos o valor de 0,21 para “Rar”;

A Resistência térmica interna e externa foram extraídas da tabela 1 deste trabalho, analisando o sentido do fluxo de calor. Como nas situações de verão o fluxo de calor ocorre de fora para dentro da edificação, foram adotados os valores de 0,17 e 0,04.

$$R_t = (\text{espessura da telha} / \text{condutividade térmica da telha}) + (\text{espessura da laje} / \text{condutividade térmica da laje}) + (\text{Resistência térmica da câmara de ar}) \\ R_t = (0,01 / 1,75) + (0,12 / 1,75) + (0,21) = 0,284$$

$$R_T = R_t + \text{Resistência térmica interna} + \text{Resistencia térmica externa} \\ R_T = 0,284 + 0,17 + 0,04 = 0,494$$

$$U = 1/RT$$

$$U = 1 / 0,494 = 2,023 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

2. Transmitância térmica no sistema de cobertura com telha de fibrocimento.

Dados:

Os valores de condutividade térmica foram extraídos da Tabela 02 do anexo D da NBR 15220 (2005);

As espessuras foram medias no local com auxílio de trena e paquímetro;

De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) em seu item 5.3.2, em situações de verão, deve-se considerar o mesmo valor de câmaras de ar não ventiladas, para câmaras de ar ventiladas. Como a emissividade do telhado de concreto é maior que 0,8 e a câmara de ar é maior que 5 cm, ao consultar a tabela 3, adotamos o valor de 0,21 para “Rar”;

A Resistência térmica interna e externa foram extraídas da tabela 1 deste trabalho, analisando o sentido do fluxo de calor. Como nas situações de verão o fluxo de calor ocorre de fora para dentro da edificação, foram adotados os valores de 0,17 e 0,04.

$$R_t = (\text{espessura da telha} / \text{condutividade térmica da telha}) + (\text{espessura da laje} / \text{condutividade térmica da laje}) + (\text{Resistência térmica da câmara de ar}) \\ R_t = (0,006 / 0,95) + (0,12 / 1,75) + (0,21) = 0,285$$

$$RT = R_t + \text{Resistência térmica interna} + \text{Resistencia térmica externa} \\ RT = 0,285 + 0,17 + 0,04 = 0,495$$

$$U = 1/RT$$

$$U = 1 / 0,494 = 2,021 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

3. Transmitância térmica no sistema de cobertura com telha isotérmica.

Dados:

Os valores de condutividade térmica foram extraídos da Tabela 02 do anexo D da NBR 15220 (2005);

As espessuras foram medias no local com auxílio de trena e paquímetro;

De acordo com a NBR 15220-2 (ABNT, 2005) em seu item 5.3.2, em situações de verão, deve-se considerar o mesmo valor de câmaras de ar não ventiladas, para câmaras de ar ventiladas. Como a emissividade do telhado de concreto é maior que 0,8 e a câmara de ar é maior que 5 cm, ao consultar a tabela 3, adotamos o valor de 0,21 para “Rar”;

A Resistência térmica interna e externa foram extraídas da tabela 1 deste trabalho, analisando o sentido do fluxo de calor. Como nas situações de verão o fluxo de calor ocorre de fora para dentro da edificação, foram adotados os valores de 0,17 e 0,04.

$$R_t = (\text{espessura da telha} / \text{condutividade térmica da telha}) + (\text{espessura da laje} / \text{condutividade térmica da laje}) + (\text{Resistência térmica da câmara de ar})$$
$$R_t = (0,02 / 0,04) + (0,13 / 1,75) + (0,21) = 0,784$$

$$RT = R_t + \text{Resistência térmica interna} + \text{Resistencia térmica externa}$$
$$RT = 0,784 + 0,17 + 0,04 = 0,994$$

$$U = 1/RT$$

$$U = 1 / 0,994 = 1,006 \text{ W/m}^2\cdot\text{K}$$

AVALIAÇÃO DA ACESSIBILIDADE DO SUB TERMINAL RODOVIÁRIO DE CAMPINAS NA CIDADE DE GOIÂNIA-GO

EVALUATION OF THE ACCESSIBILITY OF THE CAMPINAS ROAD SUBTERMINAL IN THE CITY OF GOIÂNIA-GO

BARBOSA, Dailto Soares¹; DIAS, Emilly Ferreira²; LOURENÇO, Gabriele Gomes³;
VOGADO, Murilo de Souza⁴; SANTOS, Pedro Henrique Carneiro dos⁵; TENÓRIO, Helen
de Oliveira⁶

RESUMO

O estudo proposto tem como ideia central a avaliação da acessibilidade no Sub Terminal Rodoviário de Campinas da cidade de Goiânia-GO, a fim de identificar a real situação da estrutura física e arquitetônica do sub terminal, no que se refere a NBR – 9050 (ABNT, 2020) sobre acessibilidade. No estudo de campo realizado, ferramentas como checklist, registros fotográficos e detalhamentos construtivos realizados no AutoCAD foram aplicados, com o propósito de verificar se existem conformidades ou irregularidades de acordo com os itens analisados no presente trabalho. Ficou comprovado que a estrutura não atendia o estabelecido, tendo como base analítica a referida norma. Ressalta-se que há uma necessidade de adequação por parte do setor responsável com o intuito de proporcionar acessibilidade aos portadores de deficiência e/ou mobilidade reduzida.

Palavras-chave: Acessibilidade. Mobilidade. Adequação. Terminal Rodoviário. Goiânia - GO.

ABSTRACT

The proposed study has as an central idea the evaluation of accessibility in the Sub Terminal Rodoviário de Campinas in the city of Goiânia-GO, in order to identify the real situation of the physical and architectural structure of the sub terminal, with regard to NBR - 9050 (ABNT, 2020) on accessibility. In the field study, tools such as a checklist, photographic records and constructive details carried out in AutoCAD were applied, with the purpose of verifying whether there are conformities or irregularities according to the items analyzed in this work. It was proven that the structure did not meet the requirements, based on the aforementioned standard. It should be noted that there is a need for adequacy on the part of the responsible sector in order to provide accessibility for people with disabilities and/or reduced mobility.

Keywords: Accessibility. Mobility. Adequacy. Bus Terminal. Goiania - GO.

1. INTRODUÇÃO

Embora a tecnologia facilite o acesso ou a proximidade por meio do mundo digital, o meio de transporte físico rodoviário de passageiros continua sendo fundamental na sociedade. Segundo WRIGHT (1999), a viagem de ônibus a partir da Segunda Guerra Mundial, na década

¹ Dailto Soares Barbosa – Graduando em Engenharia Civil – dailtosb@gmail.com

² Emilly Ferreira Dias – Graduanda em Engenharia Civil – millydias127@gmail.com

³ Gabriele Gomes Lourenço – Graduanda em Engenharia Civil – estevamgabriele24@gmail.com

⁴ Murilo de Souza Vogado – Graduando em Engenharia Civil – murilosvogado@gmail.com

⁵ Pedro Henrique Carneiro dos Santos – Graduando em Engenharia Civil – pedrohenrique289@hotmail.com

⁶ Helen de Oliveira Tenório – Engenheira Civil – helen.tenorio@facunicamps.edu.br

de 40 passou a ser o meio de transporte mais utilizado especialmente para o transporte público de passageiros, ganhando destaque em desenvolvimento social e econômico.

Auxiliando na integração do passageiro a seu destino, os Terminais Rodoviários desempenham um grande papel. A NBR – 9050 (ABNT, 2020) e a Cartilha de Acessibilidade da ANTT proporciona com responsabilidade a acessibilidade e uma locomoção efetivamente segura. Os locais com destinações às atividades comerciais, culturais, esportivas, financeiras, turísticas, recreativas, sociais, religiosas, educacionais, industriais e de saúde possuem instruções específicas de acessibilidade em sua construção.

Para MOREIRA et al (2013), todos os terminais rodoviários devem obedecer aos critérios de acessibilidade previstos na NBR – 9050 (ABNT, 2020), possibilitando assim, a conexão. Na construção de um Terminal Rodoviário há vários fatores que proporcionam e devem oferecer conforto e mobilidade, sendo eles: rampas de acesso com equipamentos de segurança, comunicação e sinalização visual, auditiva e tátil, circulação interna e externa, dentre muitos outros.

Em termos de acessibilidade segundo SERPA (2009), o marco legal brasileiro, no que se refere a acessibilidade, pode-se dizer que é um dos mais avançados da América Latina, entretanto ainda necessita de mudanças estruturais e culturais para impulsionar e universalizar o acesso de todos, principalmente o das pessoas com deficiência e com mobilidade reduzida.

Fatos ocorridos em todo o território brasileiro, mas nem sempre são divulgados e relatados quanto a falta de adequação dos terminais rodoviários, a falta de mobilidade e acesso tanto aos próprios terminais quanto aos ônibus rodoviários. Um caso ocorrido na Cidade de Chapecó no Estado de Santa Catarina, em que a 1ª Vara da Fazenda Pública de Chapecó em 19 de julho de 2019 condenou a Prefeitura da cidade a executar obras de acessibilidade no Terminal Rodoviário. Entre os problemas apontados, o promotor destaca que em geral são de comunicação. Não existe sistema adequado de alto falantes, e não há painéis com as informações sobre partidas e chegadas, os sanitários não são adequados e há acesso somente por escadarias. A respeito da falta dos painéis informando a movimentação dos ônibus, pode comprometer o entendimento de pessoas surdas ou com baixa audição, já que elas não conseguem ouvir o chamado dos motoristas.

Diante da problemática existente, especialmente voltada para dificuldade de acesso pelos usuários portadores de deficiência, em que há vários obstáculos nos espaços públicos urbanos que dificultam a acessibilidade. Ressalta-se que há a necessidade de fornecer subsídios claros e não somente informações, mas também meios de proporcionar uma melhor locomoção dentro do que estabelece as normas, atendendo assim, uma gama de usuários que possam interagir com o ambiente construído ou adaptado, elementos estes que estimulem a percepção do usuário e sua autonomia para exercer as atividades de movimentação e usufruir do ambiente em que se encontram.

A legislação vigente trabalha na demanda da mobilidade e da informação, diante dessa prerrogativa nota-se que fica evidente a necessidade de implementação das condições de acessibilidade e mobilidade, considerando o uso para todos, em especial aos portadores de necessidades especiais.

Diante do exposto e com o intuito de analisar e estudar acerca da aplicação das regras e conceitos de acessibilidade, no Sub Terminal Rodoviário de Campinas na cidade de Goiânia, será desenvolvido um trabalho cujo propósito apresentar a necessidade de adequação para o público portador de deficiência.

O objetivo geral desse trabalho é avaliar acessibilidade no Sub Terminal Rodoviário de Campinas na cidade de Goiânia, dentro do que estabelece a NBR 9050 (ABNT, 2020). E como objetivo específico, a análise da norma NBR 9050 (ABNT, 2020) quanto a verificação de rampas, piso tátil, balcão de atendimento, espaços reservados para P.C.R M.R., puxador horizontal, sinalizações, calçadas e rebaixamento de calçadas, sanitário, banheiro e vestiário. A estrutura do Sub Terminal Rodoviário de Campinas na cidade de Goiânia-GO também será avaliada levando em consideração a adequação à norma NBR 9050 (ABNT, 2020). Através da criação do checklist serão expostas as necessidades evidenciadas no estudo de campo e com a elaboração de detalhes construtivos apontando melhorias de acordo com checklist.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

Tendo em vista a expansão urbana acelerada no Brasil, com efeito da Revolução Industrial, a precariedade e a deficiência na estruturação das cidades foram evidenciadas ao longo dos anos, mostrando que uma política pública voltada para a acessibilidade era

demasiadamente necessária e importante e que deveria ser intensificado dentro desse processo de urbanização. Ressalta-se que esse processo acarreta grandes transformações em todos os espaços.

Diante dessas expansões e transformações na sociedade, interferências ocorrendo no mundo pós-contemporâneo entre tantos a revolução tecnológica e a globalização, trazendo muitos benefícios para algumas áreas, mas para as pessoas com deficiência ou mesmo com mobilidade reduzida fica evidenciado um processo de exclusão.

[...]diz que vivemos em tempos líquidos afirma que vivemos em um mundo de incertezas, em tempos de modernidades líquidas, onde a individualidade se torna uma característica primordial, causando assim um processo de individualização, ou seja, de ausência de comprometimento com o outro (BAUMAN 2011).

Com a passagem da sociedade de produção para a sociedade de consumo BAUMAN (2007, p.18) “houve uma fragmentação da vida humana, uma individualização, uma heterogeneização”, nesse caso enfrentada principalmente pelos indivíduos com deficiências e mobilidade reduzida, no que nos diz respeito como são discutidas essas deficiências. Durante o percurso da sua vida e em várias situações cotidianas, as pessoas com deficiência encontram privações ou dificuldades em sua mobilidade e acessibilidade, pelo fato tão somente de se encontrar nessa condição ou por ter sofrido um acidente, ou até mesmo por ter sua idade mais avançada.

Há vários obstáculos visíveis quanto invisíveis. Pode-se considerar de uma forma subjetiva que estes são os que contribuem de forma negativa à acessibilidade nos espaços, tornando assim para as pessoas com qualquer que seja o seu grau de deficiência uma dificuldade considerada prejudicial. O conceito de acessibilidade está diretamente ligado ao conceito de desenho universal que de acordo com OKIMOTO (2006, p.1-16) “considera a diversidade humana na elaboração de projetos arquitetônicos e urbanísticos, de forma a respeitar as diferenças existentes entre as pessoas e a garantir a integração entre produto/ambiente e usuários para que seja concebida como sistemas e não como parte isolada.” Segundo VAZ (2008, p.58), sem esse acesso dificulta a autonomia e a acessibilidade, uma vez que “é fruto não de uma incapacidade do indivíduo, e sim de um meio deficiente, que limita e segrega as pessoas com diferentes condições físicas, mentais e sensoriais”. Esse aspecto se constata da seguinte forma:

Esta Norma estabelece critérios e parâmetros técnicos a serem observados quanto ao projeto, construção, instalação e adaptação do meio urbano e rural, e de edificações às condições de acessibilidade, que proporcionam de forma igualitária a todos seus usuários um espaço acessível. Mas infelizmente a maioria das construções existentes em muitas cidades não levam em consideração sua construção ou até mesmo sua modificação aos diversos tipos humanos que se utilizam das mesmas. NBR – 9050 (ABNT, 2020)

Ao contrário do que muitos pensam ou imaginam, não há apenas usuários de cadeiras de rodas, temos também aqueles que possuem sua mobilidade reduzida temporária, gerada por vários fatores como gravidez, deficiência auditiva ou visual e até mesmo pela idade. Segundo levantamento realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística – IBGE, em 2017 mais de 10% da população era composta de idosos, com perspectiva de vida de 72 anos, enquanto a população de portadores de deficiência permanente, alcançou os 24% da população. Somando essas duas parcelas da população, afirma-se que mais de 34% da população brasileira está dentro desse grupo de pessoas que possuem sérias dificuldades de locomoção. Sem levar em consideração nessa estatística as pessoas portadoras de deficiências física, sensorial, temporária, os obesos e pessoas com estatura fora da média nacional.

Ressalta-se por meio desses dados, a proporção da busca por iniciativas que sejam reais à aplicação dos padrões exigidos não somente por normas, mas pelo fato de nos preocuparmos com a dificuldade de acesso e mobilidade que estas pessoas enfrentam todos os dias. Esse resultado se consolida e é alcançado socialmente quando se trata de direitos das pessoas portadores de deficiência, primeiramente surgindo a Lei 7853/89, regulamentada pelo Decreto 3298/99, o qual estabelece os preceitos fundamentais e os princípios de igualdade e não discriminação entre os cidadãos brasileiros. A Lei 10.048/2000 dispõe sobre prioridade de atendimento e outras providências às pessoas portadoras de algum tipo de deficiência. Posteriormente, a Lei 10.098/2000 estabelece normas gerais e critérios básicos para promoção da acessibilidade das pessoas portadores de deficiência ou com mobilidade reduzida, por intermédio da extinção de barreiras e obstáculos nas vias e espaços públicos, no mobiliário urbano, na construção e reformas de edifícios e nos meios de transportes e de comunicação.

Justifica-se que normas específicas foram formuladas para acessibilidade pela Associação Brasileira de Normas Técnicas, com bases fundamentadas nos citados instrumentos jurídicos, apoiando assim, a execução de projetos que proporcionem a realização de intervenções arquitetônicas, urbanísticas e nos meios de transportes, divididos nos diferentes agentes políticos da sociedade. Entre elas estão:

ABNT. **NBR 9050/2020**: Acessibilidade de pessoas portadores de deficiência e edificações, espaço, mobiliário e equipamentos urbanos;

ABNT. **NBR 13994/2000**: Elevadores de passageiros – Elevadores para transporte de pessoas portadoras de deficiência;

ABNT. **NBR 14020/2002**: Transporte – Acessibilidade à pessoa portadora de deficiência – Trem de longo percurso;

ABNT. **NBR 14021/2005**: Transporte – Acessibilidade à pessoa portadora de deficiência em – Trem metropolitano;

ABNT. **NBR 14022/2011**: Transporte – Acessibilidade à pessoa portadora de deficiência em ônibus e trólebus, para atendimento urbano e intermunicipal;

ABNT. **NBR 14273/1999**: Acessibilidade de pessoas portadores de deficiência no transporte aéreo comercial.

Mesmo diante da vasta legislação existente e o conjunto disponível de normas, ainda assim, a maioria dos estados brasileiros não atendem o mínimo exigido às necessidades de acessibilidade de uma maneira eficiente e eficaz. Apesar dos esforços pensando em uma melhor inclusão, obstáculos ainda existem para os portadores de deficiência, em grande parte da sociedade. ALMEIDA (2009), afirma que mesmo diante de um vasto aparato legal se não houver a fiscalização devida por parte de toda a sociedade civil organizada e muitas vezes até mais engajada e equipada em fazer cumprir as determinações que o próprio Estado.

3. METODOLOGIA

Segundo RICHARDSON (1999), o método científico é a forma encontrada pela sociedade para legitimar um conhecimento adquirido empiricamente. A pesquisa utilizada foi a descritiva e exploratória, realizada no Sub Terminal Rodoviário de Campinas localizado na Rua 9, Setor Aeroviário, Goiânia -Go. Neste espaço, foi realizado um estudo de caso por meio de pesquisa quantitativa ligada diretamente com a problemática.

Os procedimentos de coleta de dados foram realizados por meio de pesquisa bibliográfica referente a norma da acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos NBR 9050 (ABNT, 2020), com a abordagem quantitativa e com o intuito de relacionar os dados para melhor exposição. Para o levantamento dos dados foram realizadas

visitas no local de estudo, avaliando as condições de acessibilidade segundo os itens da norma NBR 9050 (ABNT, 2020) analisadas no presente trabalho. Foi elaborado um relatório fotográfico com o propósito de auxiliar na verificação dos dados apontados pelo checklist, indicando as conformidades e não conformidades, demonstrando a aplicação dos dados coletados por meio do gráfico, possibilitando assim, uma melhor compreensão dos dados obtidos e construção de croquis apontando as melhorias de acordo com checklist. Todos os croquis foram executados pelo software AutoCAD/2023.

Figura 1. Localização do Sub Terminal Rodoviário de Campinas



Fonte: Google Maps, 2022.

4. RESULTADOS

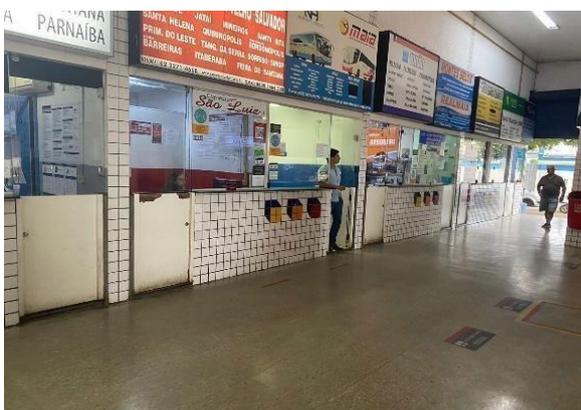
O estudo realizado no Sub Terminal Rodoviário de Campinas nos permitiu através do Checklist anexo 01, identificar itens não conformes e parcialmente conformes, os quais serviram de base para a construção de detalhamentos apontando as devidas melhorias.

4.1. Piso tátil

Quanto à verificação das condições à acessibilidade e mobilidade, avalia-se que a estrutura do Sub Terminal Rodoviário de Campinas com auxílio de registro fotográfico. Na figura 2, há a ausência de piso tátil com sugestão para a instalação conforme Detalhe 01, em que é “destinado a constituir alerta ou linha-guia, servindo de orientação, principalmente, às

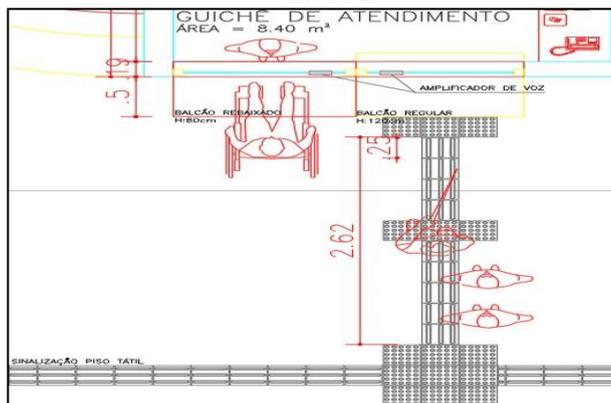
“pessoas com deficiência visual ou baixa visão. Ressalta-se dois tipos: piso tátil de alerta e piso tátil direcional” conforme a NBR – 9050 (ABNT, 2020).

Imagem 1. Balcão de Atendimento.



Fonte: Autoria Própria (2022).

Detalhe 01 - Planta de execução de acessibilidade – folha 02.



Fonte: Autoria Própria (2022).

4.2. Totem direcional

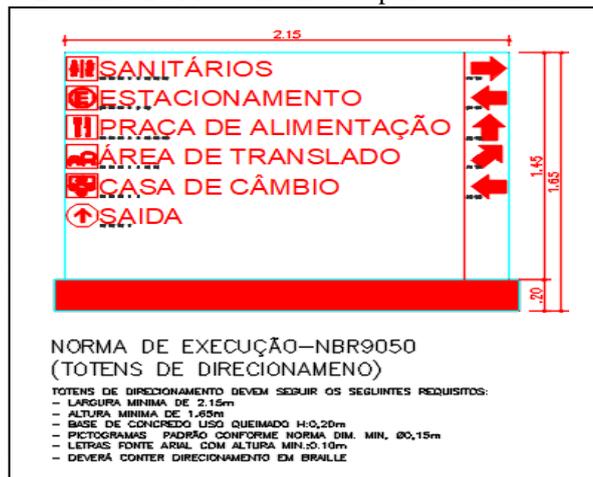
Na figura 3, apresenta-se a sinalização geral indicando a localização dos ambientes, porém constata-se a falta de totem direcional em braile de acordo com o Detalhe 03.

Imagem 02. Placas de sinalização suspensa.



Fonte: Autoria própria (2022).

Detalhe 02 - Placas internas suspensas - Folha 03.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.3. Espaço reservado pra P.C.R.

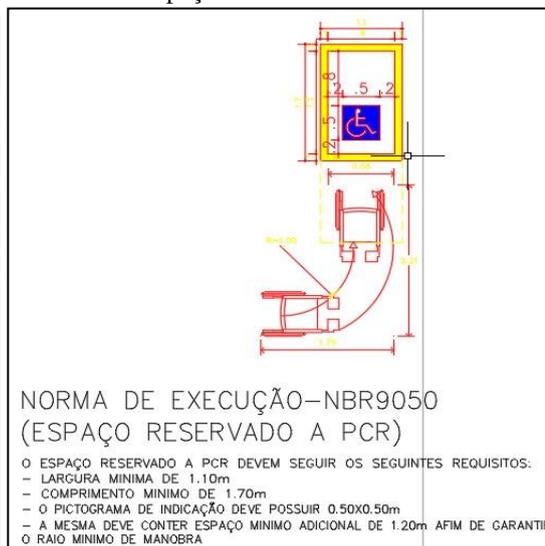
Na imagem 03, observa-se que no Sub Terminal Rodoviário de Campinas não há sinalização do espaço reservado a P.C.R. Como proposta de melhoria foi elaborado

detalhamento com as dimensões mínimas que seriam necessárias para sua utilização como demonstrado no Detalhe 04.

Imagem 03. Espaço Reservado para P.C.R. **Detalhe 03.** Espaço reservado a PCR - Folha 05



Fonte: Autoria própria (2022).



Fonte: Autoria própria (2022).

4.4. Vaga reservada para P.C.R.

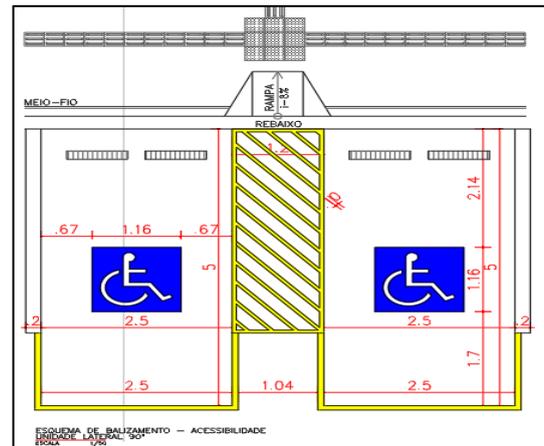
Levando em consideração a NBR 9050, de acordo com o item 5 da norma, conseguimos observar ainda a ausência de sinalização de vaga reservada para P.C.R. no estacionamento. Segundo a norma, as vagas devem contar com um espaço adicional de 1,20 m de largura cujas vagas podem até compartilhar a mesma faixa zebraada, mas é obrigatório que exista um espaço para que a passageiro ou motorista desça do veículo, seja do lado direito ou do esquerdo. O pictograma do cadeirante, ou símbolo SIA, é representado por um quadrado de 1,20x1,20 em azul. Embora as vagas estejam em uma distância inferior à 50 m da edificação, como a norma exige, o Sub Terminal não consegue atender aos requisitos básicos de sinalização como podemos visualizar na imagem 4. Do lado direito da imagem temos detalhamento conforme especificado em Norma.

Imagem 04. Estacionamento

Detalhe 04 - Esquema de balizamento –
Acessibilidade Unidade Lateral 90° - folha 01.



Fonte: Autoria própria (2022).



Fonte: Autoria própria (2022).

4.5. Rampa

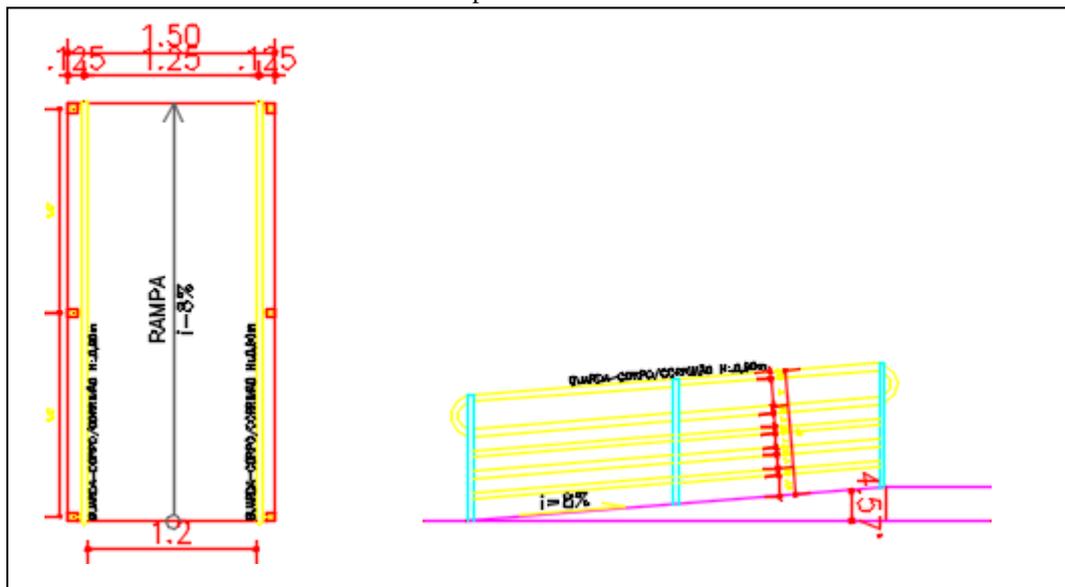
De acordo com o item 6.6 da norma, são consideradas rampas às superfícies de piso com declividade igual ou superior a 5%, mas a norma estipula uma inclinação máxima de 8,33%. A largura mínima da rampa deve ser de 1,20 m, equivalente a duas unidades de passagem. No que se refere ao guia de balizamento é solicitado em norma a presença obrigatória do guarda corpo, que é um equipamento de proteção para evitar possíveis quedas causadas pelo desnível ou diferença de altura de um ambiente em relação ao outro, sendo que sua altura mínima é de 1,10 m. A rampa deve contar também com corrimão duplo na altura de 0,70 m e 0,92 m. Como podemos observar na imagem 5, a entrada que dá acesso ao terminal não atende alguns dos requisitos que a norma exige, como corrimão e guarda corpo que são inexistentes. Além disso, mesmo que a largura mínima admissível esteja correta, existem obstáculos que dificultam o acesso ao terminal de embarque. Por exemplo, o pilar registrado em foto, imagem 15 do anexo 2, área de circulação interna. A rampa da entrada principal possui ainda um canaleta de água pluvial, dificultando a passagem da cadeira de rodas.

Imagem 05. Rampa da Entrada Principal.



Fonte: Autoria própria (2022).

Detalhe 05 - Rampa de acessibilidade - folha 06.



Fonte: Autoria própria (2022)

4.6. Dimensões mínimas de calçada.

A largura da calçada pode ser dividida em 3 tipos de faixas de uso, a faixa de serviço tem largura mínima 0,70 m, que acomoda o mobiliário, árvores, postes, placas e afins. A faixa livre destinada à circulação de pedestres, deve ser livre obstáculos, e com uma inclinação transversal de até 3 % para o escoamento da água da chuva e ter no mínimo 1,20 de largura. O tamanho da calçada pode variar considerando o fluxo de pessoas presentes naquela região, então é possível que faixa livre seja maior do que 1,20, mas nunca menor do que o admissível em

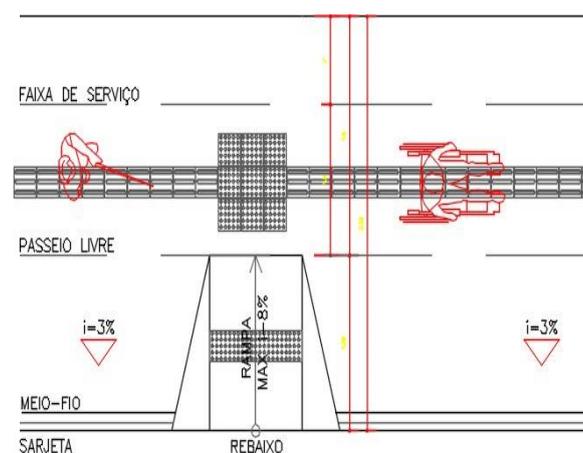
norma. Além disso, a faixa livre deve contar com uma altura livre de 2,10 m. A faixa de acesso, que consiste em um espaço de passagem da área pública para o lote e só é possível em calçadas com dimensões maiores que 2,00 m de largura. Como podemos observar na imagem 6, a largura mínima não está em conformidade na segunda entrada, sendo necessário a ampliação da calçada na entrada ao lado do estacionamento.

Imagem 06. Dimensões mínimas de calçada.



Fonte: Autoria própria (2022).

Detalhe 06. Dimensões mínimas de calçada - folha 08.



Fonte: Autoria própria (2022).

4.7. Rebaixamento de calçadas

Na imagem 07, é visível a falta de rebaixamento da calçada. Para a sua implantação;

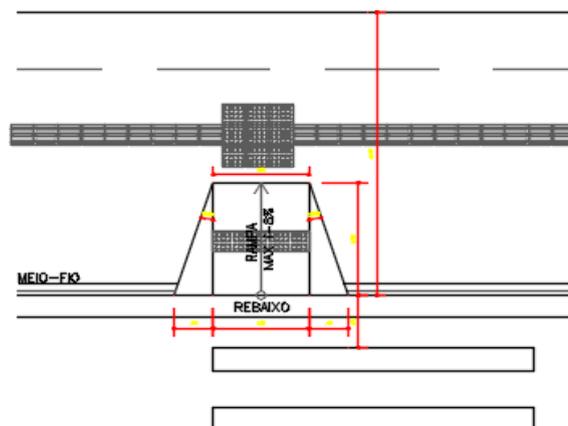
Devem ser construídos na direção do fluxo da travessia de pedestres, inclinação deve ser preferencialmente menor que 5 %, admitindo-se até 8,33 % (1:12), no sentido longitudinal da rampa central e nas abas laterais. Recomenda-se que a largura do rebaixamento seja maior ou igual a 1,50 m, admitindo-se o mínimo de 1,20 m. O rebaixamento não pode diminuir a faixa livre de circulação da calçada de, no mínimo, 1,20 m. conforme a NBR 9050 (ABNT, 2020).

Imagem 07. Rebaixamento de calçada.

Detalhe 07 - Rebaixamento de calçada e ilha - folha 07.



Fonte: Autoria própria (2022).

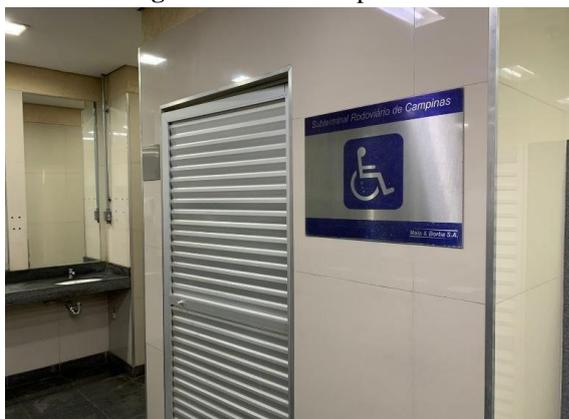


Fonte: Autoria própria (2022).

4.8. Sanitários

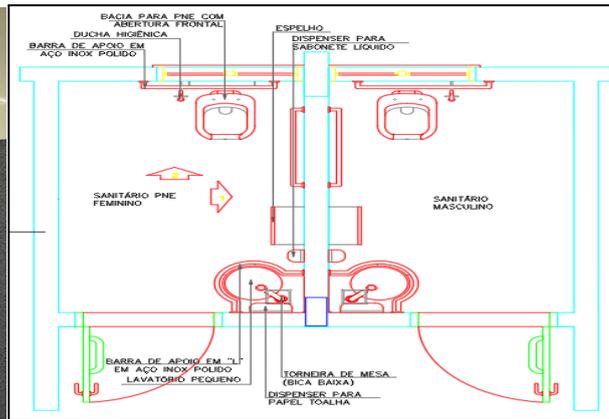
De acordo com a avaliação realizada, levando em consideração o item 7, os banheiros atendem a maioria das condições exigidas pela NBR 9050, como barras de apoio, altura da válvula de descarga, placa de identificação entre outros. As dimensões para o deslocamento também estão de acordo, possibilitando o giro de 360°. Identificamos irregularidade referente à altura da papelera, além da falta do puxador horizontal da porta do lado oposto ao da abertura. A papelera se encontra à altura inferior de 1,00 m do piso acabado como podemos constatar na imagem 9.

Imagem 08. Banheiro para PCR



Fonte: Autoria própria (2022).

Detalhe 08 - Acessibilidade banheiro individual - folha 09.



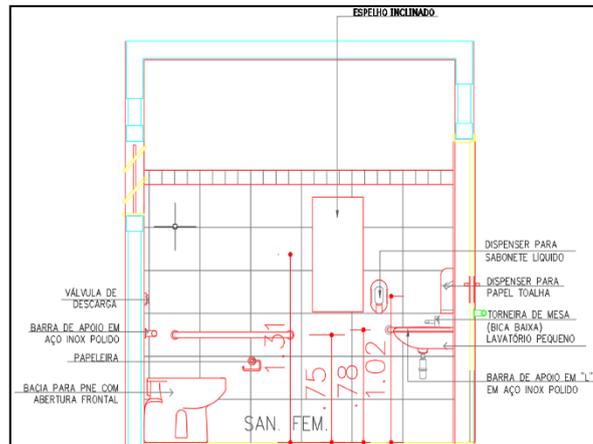
Fonte: Autoria própria (2022).

Imagem 09. Sanitário.

Detalhe 09 - Acessibilidade banheiro individual - folha 09.



Fonte: Autoria própria (2022).



Fonte: Autoria própria (2022).

4.9. Balcão de Atendimento

Os Balcões de atendimento devem garantir um M.R. posicionado para a aproximação frontal, devem garantir ainda a circulação adjacente que permite giro de 180° à P.C.R. Apenas alguns guichês de atendimento possuem sinalização para cadeirantes, mas os guichês sinalizados não possuem a altura adequada nem a profundidade exigida. A largura mínima da superfície dos balcões deve ser de 0,90 m e com altura de 0,75 m a 0,85 m do piso acabado.

Imagem 10. Balcão de Atendimento.



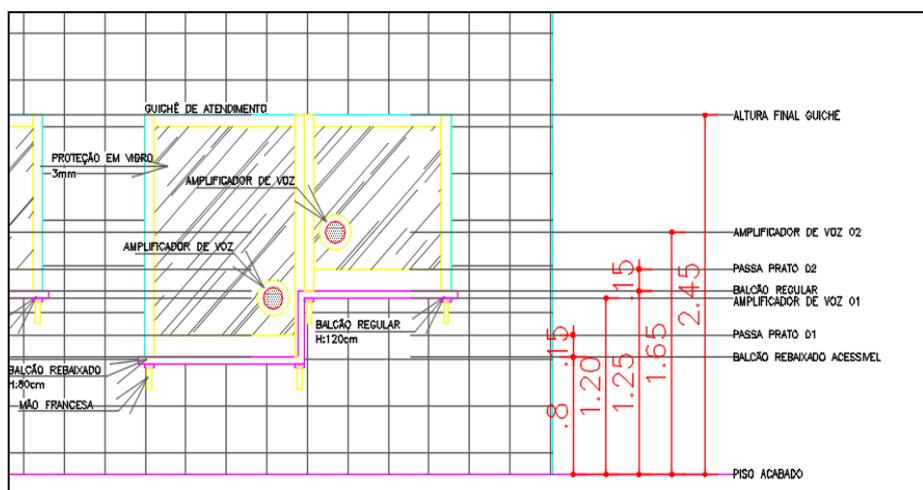
Fonte: Autoria própria (2022).

Imagem 11. Balcão de Atendimento.



Fonte: Autoria própria (2022).

Detalhe 10 - Planta de execução de acessibilidade - folha 02.



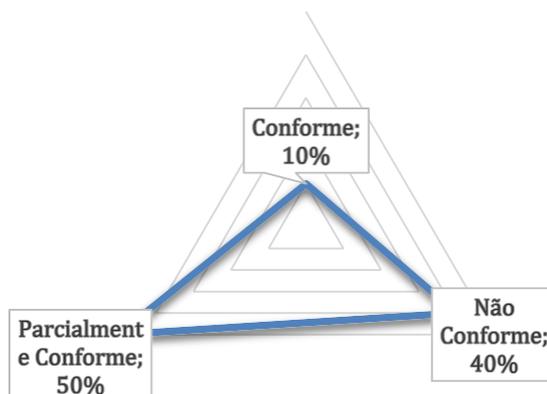
Fonte: Autoria própria (2022).

Tabela 1 – Itens Avaliados no Checklist

Item	Descrição	Conforme	Não Conforme	Parcialmente Conforme
3.1.29	Piso tátil		1	
5.2.1	Sinalização Geral			1
5.5.2.2	Sinalização espaço reservado para P.C.R.		1	
5.5.2.3	Sinalização vaga reservado para P.C.R.		1	
6.6	Rampa			1
6.6.3	Guia de Balizamento	1		
6.12.3	Dimensões mínimas da Calçada			1
6.12.7.3	Rebaixamento de Calçada		1	
7	Sanitários			1
9.2	Balcão de Atendimento		1	
Total		1	5	4
Total (%)		10%	50%	40%

Fonte: Autoria própria (2022).

Gráfico 01 - Conformidades e Não Conformidades do Sub Terminal Rodoviário de Campinas.



Fonte: Autoria própria (2022).

A partir das análises feitas no Sub terminal de Campinas, tendo como referência os itens avaliados na tabela 1, foi possível elaborar um gráfico de conformidades, não conformidades e parcialmente conforme. Assim, podemos constatar ao observarmos o gráfico 1, obtivemos apenas 10% de conformidades, 40% de não conformidades e 50% dos itens abordados no trabalho cumpre parcialmente com o que é solicitado em norma.

Ao analisarmos todas as não conformidades, apresentamos melhorias sugeridas no Detalhamento (Anexo 3). Para adequação dentro do que a estrutura existente permite ser executado, sendo prescindível grandes intervenções no Sub Terminal Rodoviário de Campinas para o atendimento aos usuários portadores de necessidade. Cabe corrigir e implementar o que é sugerido, possibilitando uma melhor e mais segura mobilidade.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Diante de todas as observações, conclui-se que existem inúmeras irregularidades dentre as quais destaca-se a ausência de guia de balizamento, corrimão, vias de acesso as rampas, falta do piso tátil, rebaixamento de calçadas, e falta de sinalização em espaço e vagas reservadas para P.C.R. Entende-se que ações e implementações podem ser providenciadas no local de estudo por parte do setor responsável, para que haja conformidade com a norma analisada, com o intuito de proporcionar maior segurança e acessibilidade aos portadores de deficiência e/ou mobilidade reduzida.

6. REFERÊNCIAS

ALMEIDA, Marcelo Vilela de. **Turismo para Pessoas com Deficiência**. In: PANOSO NETTO, Alexandre, e ARNASH, Marília Gomes dos Reis. Segmentação do Mercado Turístico. Barueri: Manole, 2009.

BINS ELY, Vera Helena Moro; DISCHINGER, Marta; MATTOS, Melissa Laus. **Sistemas de Informação ambiental – elementos indispensáveis para a acessibilidade e orientabilidade**. Anais do VII Congresso Latino-Americano de Ergonomia, XII Congresso Brasileiro de Ergonomia, I Seminário Brasileiro de Acessibilidade Integral, Recife, 2002.

BAUMAN, Zygmunt. **Tempos Líquidos**. Rio de Janeiro: Zahar, 2007, 18p.

BRASIL. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9050: Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos**. 4 ed. Rio de Janeiro. 2020

Diálogos com Zygmunt Bauman. **Entrevista para a CPFL Cultura e o Seminário Fronteiras do Pensamento**. 2011c. Disponível em <http://www.cpfcultura.com.br/2011/08/16/dialogos-com-zygmunt-bauman/>. Acessado em 10 de outubro de 2022.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Pesquisa Nacional por amostra de domicílio contínua: Características gerais dos domicílios e dos moradores 2019**. Rio de Janeiro, 2020. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101707_informativo.pdf. Acesso em: 10 out. 2022.

GALLIETA, G. N. et al. **Avaliação da acessibilidade dos passeios públicos na região do setor Campinas na cidade de Goiânia-Go**. Orientadora: Helen de Oliveira Tenório. 2021. 64 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Unida de Campinas, Goiânia, 2021.

NUNES, J. M; YOSIMURA, M. R. S; VIEIRA, M. C. C. C. **Acessibilidade nos terminais de transporte coletivo: um estudo realizado na cidade de Goiânia - GO**. Orientadora: Helen de Oliveira Tenório. 2022. 31 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Faculdade Unida de Campinas, Goiânia, 2022.

OKIMOTO, F. S.; SILVA, M. G.; LOTUFO, C. **Inclusão e Acessibilidade no Equipamento Urbano Escola: Os Sistemas de Ensino Estadual, Municipal e Particular de Presidente Prudente**. Anais... II SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE CIDADES MÉDIAS. Uberlândia: Universidade Federal de Uberlândia, 06 a 09 de novembro de 2006. p.01-16.

PAOLILLO, André; REJOWSKI, Mirian. Transportes. São Paulo: Aleph, 2002.

SENADO FEDERAL. **Estatuto da Pessoa com deficiência**. 3 ed. Rio de Janeiro, 2019.

SILVA, D. L.; OLIVEIRA, L. N. F; **Acessibilidade e inclusão das pessoas com deficiência dentro das organizações na cidade de Goiânia.** Orientador: Paulo Cesar Pereira da Silva. 2019. 30 f. TCC (Graduação) - Curso de Administração, Faculdade Unida de Campinas, Goiânia, 2019.

VAZ, D. **Acessibilidade à paisagem.** Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo – USP. São Paulo, 2008.

AVALIAÇÃO DO DESEMPENHO TÉRMICO DE COBERTURAS

EVALUATION OF THERMAL PERFORMANCE OF ROOFS

ZANELLA, Andreina¹; ALMEIDA, Gabriele²; FERREIRA, Wilker³; TENÓRIO, Helen Oliveira⁴.

RESUMO

O presente artigo tem como objetivo apresentar uma análise comparativa entre os principais sistemas de coberturas usados em residências de médio padrão na região de Goiânia, além de verificar se estão em conformidade com a norma de desempenho térmico vigente. O estudo foi realizado por meio de medições no local e de cálculos baseados na norma, considerando o sistema de cobertura telhado fibrocimento com laje e uma alternativa com PVC e o telhado cerâmico com laje. Por meio da pesquisa, foi constatado que a combinação com o telhado cerâmico teve uma redução nas temperaturas internas em comparação com a combinação com o fibrocimento. Tal resultado foi evidenciado por meio das medições no local, atestando, assim, essa diferença. Dessa maneira, comprova-se uma menor transferência de calor no telhado no sistema com o telhado cerâmico, porém, os sistemas de cobertura testados não atenderam ao quesito transmitância térmica da norma. Portanto, recomenda-se a utilização de algum isolante térmico, proporcionando, assim, ambientes mais confortáveis e com menor utilização de refrigeradores.

Palavras-chave: Desempenho térmico. Temperatura. Cobertura. Eficiência energética.

ABSTRACT

This article aims to present a comparative analysis between the main roofing systems used in medium-standard homes in the region of Goiânia, in addition to verifying whether they are in compliance with the current thermal performance standard. The study was carried out using on-site measurements and calculations based on the standard, considering the fiber cement roof covering system with slab and an alternative with PVC and the ceramic roof with slab. Through research, it was found that the combination with the ceramic roof had a reduction in internal temperatures compared to the combination with fiber cement. This result was evidenced by means of on-site measurements, thus attesting to this difference. In this way, a lower heat transfer on the roof was verified in the system with the ceramic roof, however, the roofing systems tested did not meet the thermal transmittance requirement of the standard. Therefore, it is recommended to use some thermal insulation, thus providing more comfortable environments and less use of refrigerators.

Keywords: Thermal performance. Temperature. Roof. Energy efficiency.

¹ Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* deinazanella@gmail.com

² Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* almeidagabriele44@gmail.com

³ Acadêmico do 10º Período do Curso de Engenharia de Produção – FACUNICAMPS. *E-mail:* wilkerferreiradesouza@gmail.com.

⁴ Docente do Curso de Engenharia Civil da Faculdade Unida de Campinas – FacUnicamps. *E-mail:* helen.tenorio@facunicamps.edu.br.

1. INTRODUÇÃO

No Brasil, há um crescente consumo de energia nas edificações devido à variação das mudanças climáticas e do baixo número de construções eficientes em termos de energia. A demanda por eletricidade também está aumentando devido ao crescimento populacional nos grandes centros urbanos, resultando, em épocas de seca, em altas tarifas na conta de luz da população. Segundo a Empresa de Consumo Energética, cerca de 29% de toda a energia consumida no Brasil, no ano de 2019, foi consumida pelo setor residencial. Nota-se, dessa maneira, que o consumo de eletricidade do setor residencial aumentou, acentuadamente, na última década em mais de 69,7%.

Em geral, a maioria das edificações residenciais brasileiras é construída em concreto e alvenaria de tijolo cerâmico, em contrapartida, ainda há algumas pequenas unidades antigas de barro; e nos telhados é mais comum a utilização de telhas cerâmicas e fibrocimento, com forro de gesso, PVC ou madeira. Embora hoje haja uma grande conscientização com relação à construção eficiente, a maior parte das antigas edificações residenciais não foram construídas de maneira eficiente em termos de energia.

Nesse sentido, as coberturas residenciais estão expostas a uma quantidade significativa de incidência de radiação solar que aumenta a temperatura na superfície do telhado e, conseqüentemente, a temperatura e a sensação térmica no interior. Com isso, é esperado um aumento significativo na demanda de energia utilizada para resfriamento nas regiões de altas temperaturas.

No Brasil, relacionados a desempenho e a conforto térmico, temos a NBR 15575 (ABNT, 2013), que é a Norma de Desempenho de Edificações Habitacionais, e a NBR 15220 (ABNT, 2005), sob o título geral Desempenho Térmico de Edificações, que engloba métodos de cálculos que permitem avaliar o desempenho térmico da edificação. Portanto, com essas normas, é possível avaliar conjuntos de materiais que possam melhorar o conforto interior das moradias e possibilitar a diminuição do uso de climatizadores.

Coberlla e Yannas (2003, p. 17) reforçam a preocupação, na arquitetura, com o conforto e com o baixo consumo de energia, visando edificações voltadas para o clima regional. No cenário atual do setor imobiliário, em geral, há uma necessidade por técnicas construtivas e materiais que possam equilibrar custos tanto na fase construtiva como quando já houver residentes; ademais, com a construção eficiente, é possível buscar a economia e ter um maior aproveitamento dos recursos naturais já disponíveis no ambiente. Logo, para reduzir o consumo

de energia residencial e as emissões de gases associados a climatizadores, o desempenho térmico da cobertura de uma edificação deve ser altamente considerado.

2. OBJETIVOS

2.1. Objetivo geral

Avaliar o desempenho térmico de coberturas em edificações residenciais de médio padrão com telhado duas águas que são empregadas nas combinações de telhado fibrocimento com laje ou PVC e o telhado cerâmico com laje.

2.2. Objetivos específicos

- Comparar os sistemas para cobertura de telhado de fibrocimento com laje, de telha de fibrocimento com PVC e de telhado cerâmico com laje utilizados para coberturas residenciais, e avaliar por meio de cálculos a resistência e a transmitância térmica;
- Realizar a medição da temperatura interna e externa dos sistemas de cobertura supracitados;
- Apresentar qual conjunto de cobertura tem o melhor conforto térmico e se atende a norma de desempenho NBR 15575 (ABNT, 2013).

3. JUSTIFICATIVA

De acordo com a NBR 15220 (ABNT, 2005), os elementos e materiais construtivos se comportam de acordo com as suas propriedades térmicas, então a eficiência energética de uma residência é diretamente afetada pelo tipo de material usado na cobertura. Porém, o mesmo tem que ter ventilação e isolamento térmico adequados, para que não seja extremamente frio no inverno ou quente no verão, pois um sistema de cobertura deficiente pode gerar impactos negativos na vida útil do telhado e nos custos com energia elétrica.

Seja qual for a extremidade do calor ou do frio, o ser humano sempre irá buscar meios para se proteger desses extremos, normalmente recorre-se a alternativas em que há um grande gasto energético, por exemplo, o uso de ar condicionado, de climatizadores e de aquecedores, normalmente, com a falta de manutenção adequada, torna-se prejudicial à saúde. Nesse prisma, “o uso no natural é sustentável ‘será sempre melhor’ preservar e manter a eficiência de uma cobertura a favor do homem”.

Sendo assim, uma cobertura eficiente é aquela capaz de suportar as intempéries. Nesse sentido, ao se relacionar a variação climática, o desempenho satisfatório de uma cobertura é alcançado quando ela é submetida a intérpretes do clima frio ou quente e consegue isolar termicamente, trazendo conforto no interior da residência. Logo, para que um ambiente tenha um desempenho térmico adequado, é necessário que o sistema usado na cobertura seja adequado para as variabilidades climáticas de forma que possa minimizar o consumo com eletricidade e manter o conforto térmico do usuário.

4. REFERENCIAL TEÓRICO

4.1. Conforto térmico

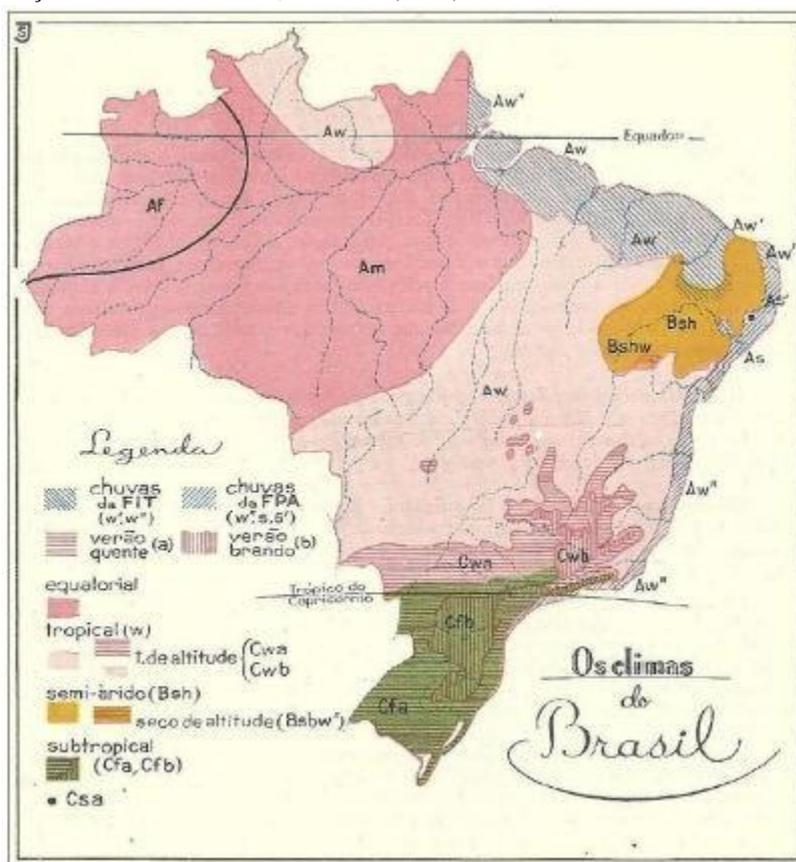
Segundo o especialista na área de conforto térmico, Fanger (1970), o conforto térmico pode ser considerado como o estado de satisfação do corpo humano com as condições térmicas do ambiente circundante. De acordo com Lamberts (2011), além da temperatura interna de uma moradia, existem variáveis externas que podem afetar diretamente no conforto térmico do corpo humano, é esse choque de temperaturas que gera o desconforto térmico.

Ademais, pode-se dizer que as condições ambientais e climáticas têm um impacto significativo na qualidade de vida e no bem-estar das pessoas, especialmente em espaços fechados; dessa forma, a partir da busca por conforto térmico e pela garantia do bem-estar dos habitantes de uma edificação, é necessário compreender as complexas interações entre o clima e o ser humano. Nesse contexto, surgiu a bioclimatologia, uma ciência interdisciplinar que estuda como as condições climáticas afetam o corpo humano e as estratégias de construção que podem minimizar o uso de sistemas artificiais de aquecimento ou de resfriamento.

4.2. Caracterização climática do estado de Goiás

A cidade de Goiânia, localizada no estado de Goiás, no Brasil, apresenta um clima tropical, com variações climáticas de acordo com a altitude e a topografia da região. Segundo a classificação climática de Köppen, Figura 1, o clima da região é do tipo Aw tropical com inverno seco.

Figura 1 – Classificação climática do Brasil, Andrade (1972)



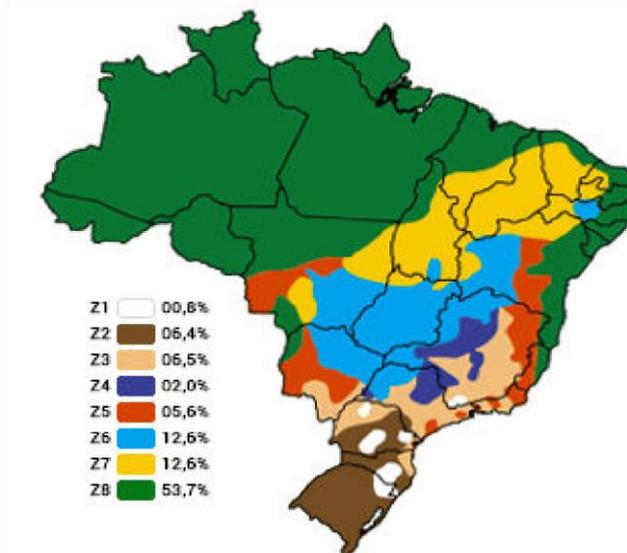
Fonte: Zavattini e Fratianni (2012).

Segundo Nimer (1989), no estado de Goiás, o clima é considerado quente e subúmido, normalmente, a umidade do ar atinge no máximo 70%, sendo de maio a setembro os meses mais secos, e o período de chuvas, em sua maioria, ocorrendo de novembro a março. Em resumo, a região de Goiás apresenta um clima tropical, com variações de acordo com a altitude e a topografia da região. A região apresenta períodos distintos de chuva e tempo seco ao longo do ano.

4.3. Estratégias bioclimáticas, zona 6 da NBR 15220-3

A NBR 15220-3 (ABNT, 2005d), que descreve o zoneamento bioclimático do Brasil, limita o zoneamento bioclimático em oitos diferentes zonas, conforme indicado na Figura 2.

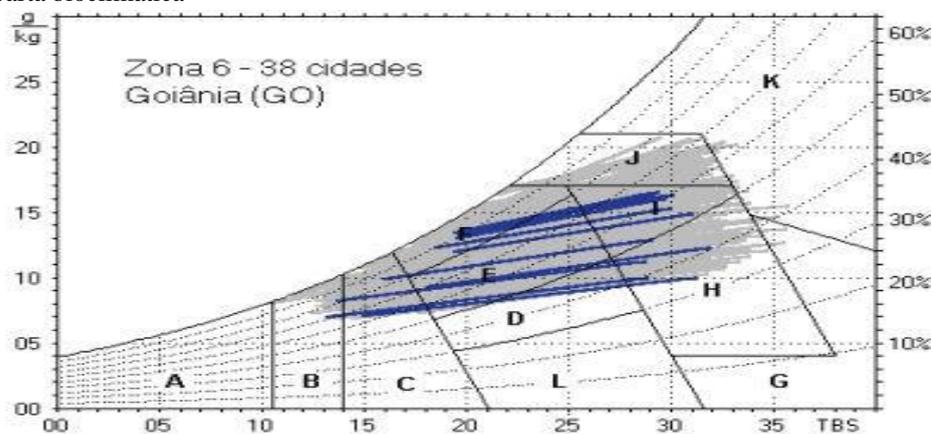
Figura 2 – Zoneamento bioclimático brasileiro



Fonte: Adaptado da NBR 15220-3. Disponível em: <https://www.ugreen.com.br/desempenho-termico>. Acesso em: 27 maio 2023.

Na Figura 3, temos um exemplo da carta bioclimática da zona 6, que contempla 38 cidades da zona do estado de Goiás, com predominância da capital do estado: Goiânia. Essa figura mostra o diagrama da carta bioclimática, o qual faz uma relação entre umidade relativa, temperatura do ar e umidade absoluta, determinando que, quanto maior a temperatura, maior a capacidade do ar em reter o vapor d'água sem saturar.

Figura 3 – Carta bioclimática



Fonte: NBR 15220-3 (2005d).

A fim de traçar uma estratégia para melhorar o desempenho térmico, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005c) orienta a utilizar as seguintes estratégias, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 – Aberturas e sombreamento

Aberturas para ventilação	Sombreamento das aberturas
Médias	Sombrear aberturas

Fonte: Adaptado da NBR 15220-3 (2005d).

Já para o sistema de cobertura, é orientado que ele contenha materiais leves e isolamento adequado, visando a diminuição de umidade e entrada de pequenos animais, conforme Tabela 2.

Tabela 2 – Tipos de vedações externas para a zona bioclimática 6

vedações externas	
Parede	Pesada
Cobertura	Leve isolada

Fonte: Adaptado da NBR 15220-3 (2005d).

Conforme as Tabelas 1 e 2, nota-se que a estratégia adotada para a região 6 da zona bioclimática permite a utilização da telha cerâmica ou fibrocimento, no entanto, precisa-se incrementar algum tipo de isolante, como uma pintura do telhado com a cor branca, ou lâmina polida de vidro, que trabalha com um sistema a fim de adquirir um bom isolamento térmico. Para a cidade de Goiânia, a NBR 15220-3 (ABNT, 2005d) adota mais algumas estratégias climáticas que devem ser seguidas com o intuito de obter um melhor conforto térmico, sendo classificadas nas letras CDFHI, conforme descrito a seguir:

C – A utilização de paredes internas pesadas pode contribuir para manter o interior da edificação protegido do frio.

D – Qualifica a zona de conforto térmico (a baixas umidades).

F – As condições térmicas são melhoradas por meio da desumidificação dos ambientes, que, por sua vez, é uma estratégia alcançada mediante a renovação do ar interno pelo ar externo, usando-se da ventilação dos ambientes.

H e I – Temperaturas internas mais agradáveis também podem ser obtidas com o uso de paredes (externas e internas) e coberturas com maior massa térmica, de forma que o calor

armazenado no interior durante o dia retorne para o exterior durante a noite quando a temperatura externa diminui.

4.4. Transmitância térmica

No Brasil, a NBR 15575 (ABNT, 2013) é a norma técnica que estabelece requisitos mínimos para o desempenho de edificações habitacionais. Para avaliar o desempenho térmico de coberturas, de acordo com essa NBR, é necessário seguir algumas etapas e utilizar alguns métodos de cálculo, dentre eles, o cálculo da transmitância térmica (U).

A transmitância térmica é um parâmetro que mede a quantidade de calor que passa através de um material, como uma cobertura, em um determinado período de tempo. É importante para o projeto de edifícios, pois afeta o consumo de energia e o conforto térmico dos ocupantes. Para calcular a transmitância térmica de uma cobertura, é necessário considerar vários fatores, como a espessura e a condutividade térmica dos materiais utilizados, a geometria da cobertura, a ventilação e as condições climáticas locais, adotando como base o desempenho descrito de acordo com a Tabela 3.

Tabela 3 – Valores de transmitância para zona bioclimática de Goiás

Transmitância térmica (U) W/m ² K	
Zonas 3 a 6	
$\alpha \leq 0,6$	$\alpha > 0,6$
$U \leq 2,3$	$U \leq 1,5$

Fonte: Adaptado da NBR 15575-5 (2013 p.26).

O cálculo da transmitância térmica é determinado pela equação 1:

$$(1) U = \frac{1}{R_{t\text{total}}}$$

Nessa equação, o U refere-se à transmitância térmica e a $R_{t\text{total}}$ refere-se à resistência térmica total, esta é calculada somando todas as resistências térmicas ao longo do percurso do calor, desde as superfícies interna e externa, até o material isolante e o ar. Essa resistência total é inversamente proporcional à transmitância térmica, ou seja, $U = 1 / (R_{t\text{total}})$. Quanto maior a resistência térmica total, menor será a transmitância térmica e, conseqüentemente, menor será a quantidade de calor transmitida por meio do elemento construtivo por unidade de área e diferença de temperatura.

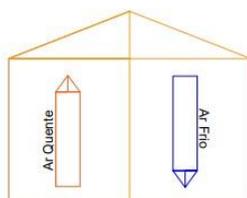
4.5. Tipos de transmissão de calor

Um tipo de transmissão de calor é um mecanismo específico pelo qual o calor é transferido de um lugar para outro. A condução, a convecção e a radiação são os três principais mecanismos de transferência de calor que podem ocorrer em uma cobertura ou telhado. Esses tipos descrevem diferentes processos físicos pelos quais a energia térmica é transferida entre objetos ou meios.

A condução de calor, em um sistema de cobertura, ocorre por intermédio dos materiais sólidos, como telhas, lajes, vigas e isolamento térmico. Quando há uma diferença de temperatura entre o lado externo e o lado interno da cobertura, o calor se propaga por condução ao longo dos materiais, por exemplo: se o sol aquece as telhas do lado de fora da cobertura, o calor é conduzido através das telhas para o lado interno, aquecendo a área abaixo da cobertura.

A convecção de calor pode ocorrer em espaços que ocorrem a ventilação, como os beirais e a cumeeira presentes na cobertura. Desse modo, se houver uma cavidade de ar entre as camadas da cobertura, a convecção pode ocorrer nesse espaço; e se o ar for aquecido, ele torna-se menos denso e sobe, criando correntes de convecção. Essas correntes de ar quente sobem, enquanto o ar frio desce para ocupar seu lugar, conforme a Figura 4, promovendo a transferência de calor por convecção. Isso pode ocorrer, por exemplo, em telhados com telhas sobrepostas ou em coberturas com espaço de ar ventilado.

Figura 4 – Representação da convecção



Fonte: Autor (2023).

A radiação térmica ocorre quando os materiais da cobertura emitem e absorvem ondas eletromagnéticas, como a radiação solar. Nesse sentido, as telhas podem absorver a radiação solar, transferir esse calor para o interior da cobertura e transmitir parte da radiação solar. Em sistemas de cobertura eficientes, geralmente são empregados materiais com propriedades isolantes para reduzir a condução de calor. Além disso, estratégias de ventilação podem ser utilizadas para promover a circulação de ar e dissipar o calor por convecção. O *design* e a

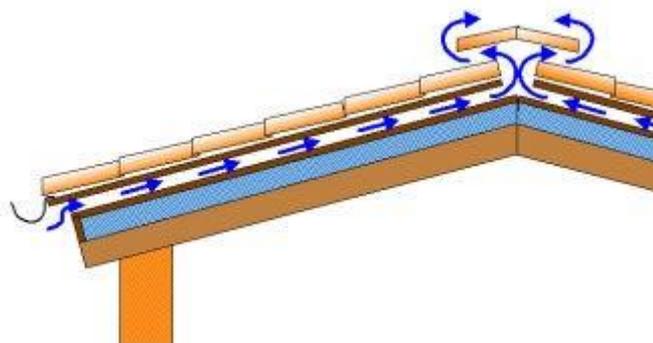
seleção adequada dos materiais na cobertura desempenham um papel importante no controle da transferência de calor, garantindo conforto térmico e eficiência energética no ambiente interno.

4.6. Ventilação e isolamento

Quando se trata de telhados com eficiência energética, o telhado em si não é a única parte da casa que causa impacto. Para um bom desempenho térmico de uma residência, são necessários a ventilação e o isolamento. A NBR 15575-5 (ABNT, 2013d) define a cobertura como a parte superior da edificação que tem como função a proteção contra intempéries e protege a estrutura de radiações solares aumentando o nível de isolamento térmico e acústico da edificação, visando o conforto do usuário e incluindo também o desempenho estético e econômico. Segundo Castro (2003), os materiais da cobertura impedem o calor interno, como cor, reflectância, resistência ao calor e resistência térmica. Ao considerar a espessura do material que compõe o sistema construtivo na cobertura, a inércia da luz é maior que o efeito da cor.

O objetivo da ventilação é gerenciar, adequadamente, o fluxo de ar na residência; se um telhado for mal ventilado, pode fazer com que o ático ou forro fique extremamente quente no verão ou frio no inverno. Isso também pode levar ao acúmulo excessivo de umidade durante os meses mais frios e chuvosos, e pode afetar não apenas os custos de energia, como também pode causar danos ao telhado ou encurtar sua vida útil. A Figura 5 mostra uma ventilação pela cumeeira.

Figura 5 – Telhado inclinado com ventilação natural e saída pela cumeeira



Fonte: A. Muscio; C. Ferrari (2019).

4.7. Características de coberturas

Uma das preocupações da construção é a escolha da cobertura, fica então a dúvida: Qual a melhor escolha? Fibrocimento ou cerâmica? O engenheiro responsável tende a sempre se atentar ao clima da região para realizar a melhor escolha para a edificação. Conforme Bueno (1994), a maioria dos estudos se preocupa apenas com as transferências de calor e deixa de lado a umidade, ou seja, desconsiderando a umidade transferida na cobertura. A cobertura cerâmica tem uma transferência significativa de umidade durante a noite, fazendo com que, durante o período do dia, o calor dos raios solares evapore a umidade contida, resultando assim em uma menor temperatura interna em relação à temperatura externa.

Segundo NBR 15220-3 (ABNT, 2005d), no mesmo momento que a cobertura recebe grande quantidade de calor, a noite também irradia esse calor acumulado. Isso se dá pelo completo sistema de cobertura, pois a laje em concreto auxilia na transferência do calor durante o dia, e a noite auxilia na radiação do calor acumulado, resultando, assim, em um ambiente favorável tanto à noite quanto ao dia. Entretanto, percebe-se que a cobertura fibrocimento não tem tanta retenção da temperatura, mesmo sendo uma das coberturas mais utilizadas em residências. Devido ao seu baixo custo, sua composição consiste em cimento sem a presença de agregados, resultando em uma baixa porosidade em relação à cobertura cerâmica, tornando-se um condutor de calor.

Apesar de ser um material leve e ter uma boa resistência mecânica contra intempéries, granizo e chuvas, o estudo de Diedrich (2018), em relação à transmitância térmica, apresenta que, na mudança de cor, a cobertura fibrocimento mostra-se mais eficiente, reduzindo o desconforto causado pelo calor ao longo do dia. Contudo, a composição do sistema de fibrocimento com a laje em concreto ajuda com o atraso térmico do calor no interior da residência, devido sua espessura e sua composição, que tendem a conter EPS ou tabelas cerâmicas.

Outro conjunto de cobertura, que se encontra em residências, é o fibrocimento com forros PVC. Em relação à condução de calor, torna-se menos eficiente que a laje em concreto, entretanto, ainda contém uma resistência na transferência da temperatura externa, e, juntamente com a cobertura, contribui com a redução da transportação de calor. No entanto, para que atenda o requisito da transmitância térmica, conforme a NBR 15575-5 (ABNT, 2013), é necessário que esse conjunto de cobertura resulte em um valor menor que $1.5 \text{ w/m}^2\cdot\text{k}$, para casos em que o material usado no telhado contenha absorvância à radiação solar superior a 0,6.

Conforme a Tabela 4, percebe-se que a laje pré-moldada, com utilização de EPS 12

cm, tem uma contribuição significativa para isolamento térmico, visto que atende os requisitos exigidos, além de que o EPS (isopor) é um ótimo isolante térmico, pois dificulta a eliminação de calor e permite manter a temperatura do ambiente. Segundo o que exige a norma, podemos citar: câmara de ar > 5 cm e telha cerâmica 1 cm, esse conjunto apresenta transmitância térmica 1,2 w/m².k, a norma pede uma transmitância térmica < 1,5.

Tabela 4 – Comparação de transmitância térmica entre componentes

Telhado	Tipo de forro ou laje	Câmara de ar	U	Atraso térmico
Telha fibrocimento 0,8 cm	Laje pré-moldada 12 cm	(> 5.0 cm)	1.26 W/m ² .K	5.8 h
Telha cerâmica 1 cm	Laje pré-moldada EPS 12 cm	(> 5.0 cm)	1.26 W/m ² .K	5.7 h
Telha fibrocimento 0.8 cm	Laje maciça 10 cm	(> 5.0 cm)	2.06 W/m ² .K	5.1 h
Telha cerâmica 1 cm	Laje maciça 10 cm	(> 5.0 cm)	2.05 W/m ² .K	5.2 h
Telha fibrocimento 0.8 cm	Forro PVC 1 cm	(> 5.0 cm)	2.07 W/m ² .K	0.84 h

Fonte: Projetando Edificações Energeticamente Eficientes. Disponível em: <http://www.mme.gov.br/projeteee/componentes-construtivos>. Acesso em: 29 maio 2023.

Logo, a contribuição da laje é uma estratégia adotada para uma boa eficiência do desempenho térmico e fator decisivo, uma vez que apenas a cobertura não consegue atender os requisitos exigidos pela norma.

4.8. Método de avaliação – NBR 15575

De acordo com a NBR 15575 (ABNT, 2013), a edificação deve possuir características que possam atender aos requisitos de desempenho térmico, levando em consideração a área bioclimática em que está localizada, analisada abaixo da condição natural da casa. Nesse sentido, a norma apresenta dois métodos de avaliação do desempenho térmico: no primeiro, denominado simplificado (normativo), são estabelecidos valores limites de transmitância térmica (U) para cada tipo de cobertura, com base na sua localização geográfica e nas características climáticas da região. Em caso de mau desempenho, a norma recomenda a aplicação de métodos de simulação numérica para isso. O segundo método, denominado método informativo, verifica o cumprimento dos requisitos e dos critérios, feitos por meio de medições

in loco (ou protótipo), que já estão construídos. No caso do descumprimento desses parâmetros, a norma exige a utilização de análise computadorizada.

Por fim, o procedimento 1 (simplificado) é recomendado para uso em procedimentos formais, desde que resultados satisfatórios sejam encontrados, outros não são impedidos. Quanto ao método 2 (estudos *in loco*), ele deve ser realizado quando a casa já estiver totalmente pronta, pois o final da obra afeta o efeito final para análise de desempenho.

4.9. Método simplificado

Para utilização do método simplificado, será necessário determinar a localização da edificação e a zona bioclimática correspondente. Logo após, serão consultados os valores tabelados da transmitância térmica (U) para o material usado na cobertura, no telhado, na laje ou no revestimento. Caso a transmitância térmica da cobertura seja menor ou igual ao valor limite estabelecido na tabela, a cobertura é considerada satisfatória em termos de desempenho térmico. Caso contrário, é necessário adotar medidas de melhorias na cobertura, como a adoção de isolamento térmico ou a utilização de materiais mais eficientes em termos de desempenho térmico.

4.10. Medição *in loco*

As recomendações de medição *in loco* permitem verificar o atendimento aos requisitos e aos critérios estabelecidos na NBR 15575-1 (ABNT, 2013), por meio de medições de temperatura em edificações existentes ou mesmo em modelos construídos (protótipos). De acordo com a norma, o valor máximo diário de ventilação interna de longa duração, como sala e quarto, sem a presença de fontes de calor (residentes, lâmpadas, outros eletrodomésticos em geral), será sempre menor ou igual ao valor diário máximo do ar externo para atingir as características mínimas de desempenho.

Desse modo, os critérios apresentados pela norma para um dia típico de verão são considerados uma sala voltada para o oeste e uma parede voltada para o norte. E, para atender aos níveis de desempenho, a norma estabelece o critério de temperatura entre níveis, sendo eles mínimo, médio e máximo. Buscando o melhor conforto para o residente, normalmente é

recomendado o nível intermediário, conforme apresentado na Tabela 5, de acordo com as zonas bioclimáticas.

Tabela 5 – Critério de avaliação de desempenho térmico para condições de verão

Nível de desempenho	Critério
	Zonas 1 a 7
Mínimo	$T_{\text{interior,máx.}} \leq T_{\text{exterior,máx.}}$
Intermediário	$T_{\text{interior,máx.}} \leq (T_{\text{exterior,máx.}} - 2 \text{ } ^\circ\text{C})$
Superior	$T_{\text{interior,máx.}} \leq (T_{\text{exterior,máx.}} - 4 \text{ } ^\circ\text{C})$

Fonte: Adaptado da NBR 15575-1 (ABNT, 2013, p. 62).

5. METODOLOGIA

5.1. Procedimento

Para a avaliação de desempenho térmico que será realizada neste trabalho, considera-se o procedimento simplificado para o cálculo da transmitância térmica e o procedimento informativo, no qual a edificação onde será feita as medições já deve estar executada, cujos dados serão coletados a partir dos materiais construtivos da residência. Portanto, com base nas especificações, é possível calcular os valores de transmitância e resistência térmica.

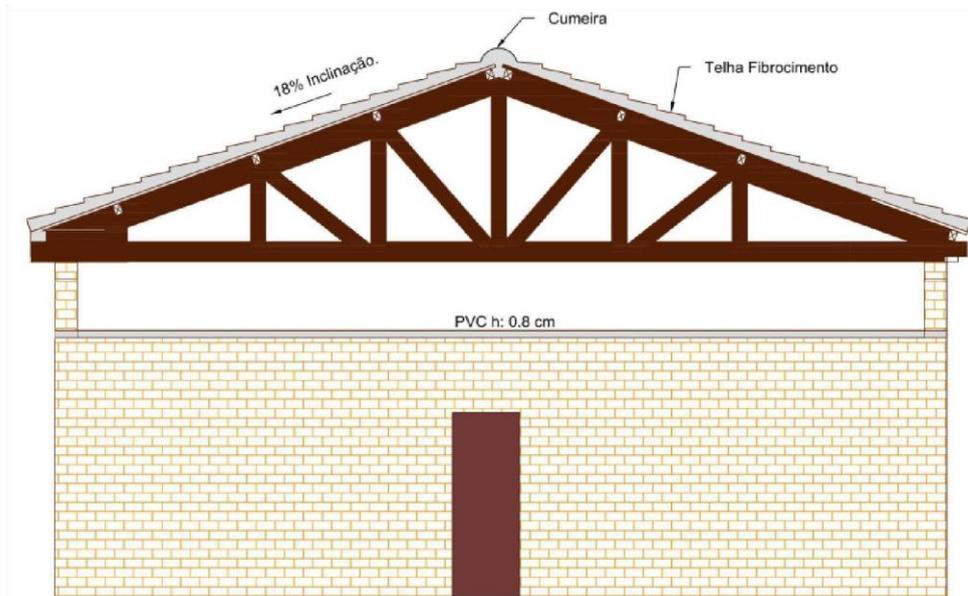
Para a análise do desempenho térmico, segundo o procedimento de medição *in loco*, a norma exige que o período de medição corresponda à análise de um dia típico de verão, antes de pelo menos um dia com características semelhantes. O padrão também suporta, como regra geral, trabalhar em um sistema de três dias e analisar os dados a partir do terceiro dia. Para fins de estimativa de medições, o dia típico é simplesmente a temperatura do ar medida no local.

Para o desenvolvimento da avaliação de desempenho térmico que será abordada nesta pesquisa, será realizado um estudo de caso na zona bioclimática do estado de Goiás, os testes serão feitos nos tipos de coberturas mais comuns para residências da região.

5.2. Tipos de coberturas

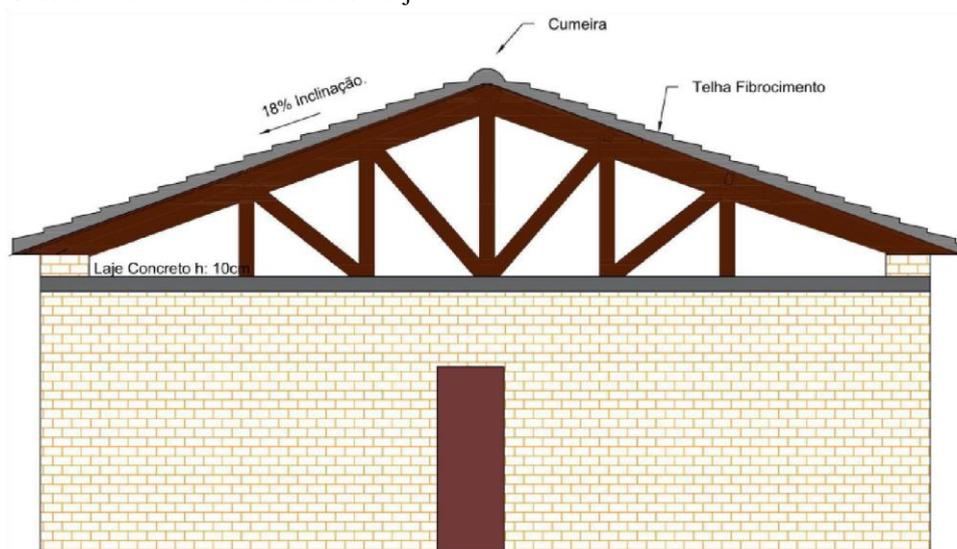
O estudo será realizado em três residências, sendo todas no estilo telhado duas águas com alvenaria de tijolo cerâmico, conforme Figuras 6, 7 e 8:

Figura 6 – Caso 1: Telhado de fibrocimento com forro PVC



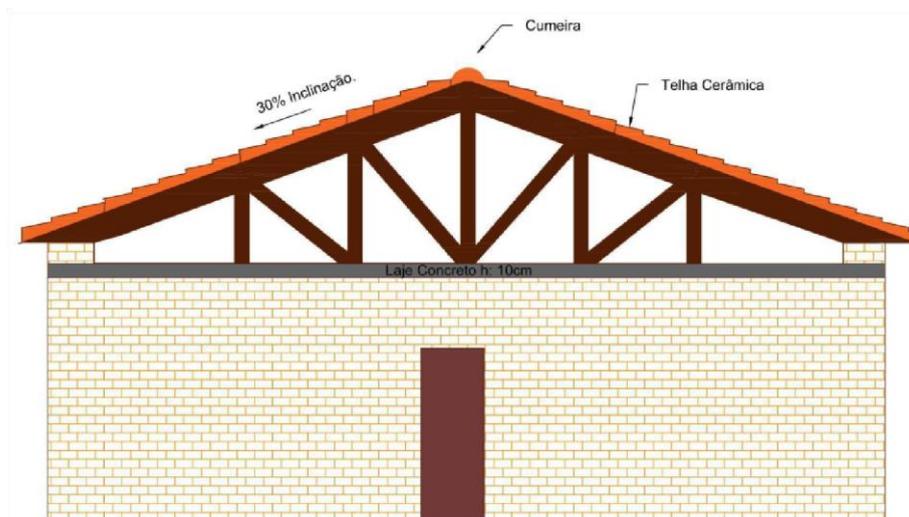
Fonte: Autor (2023).

Figura 7 – Caso 2: Telhado de fibrocimento e laje



Fonte: Autor (2023).

Figura 8 – Caso 3: Telhado cerâmico e laje



Fonte: Autor (2023).

5.3. Medição

Para o estudo do caso, primeiramente, foi observada a orientação do nascer do sol ao leste com relação ao local da residência para a escolha da posição de medição, sendo escolhida uma água do telhado que estava entre o norte e o oeste. Foram realizadas medições de temperatura superficial no local tanto da parte interna quanto da parte externa da cobertura, usando um termômetro digital a *laser*, conforme Figura 9, com precisão de 3 a 5 cm.

Figura 9 – Termômetro digital a *laser*

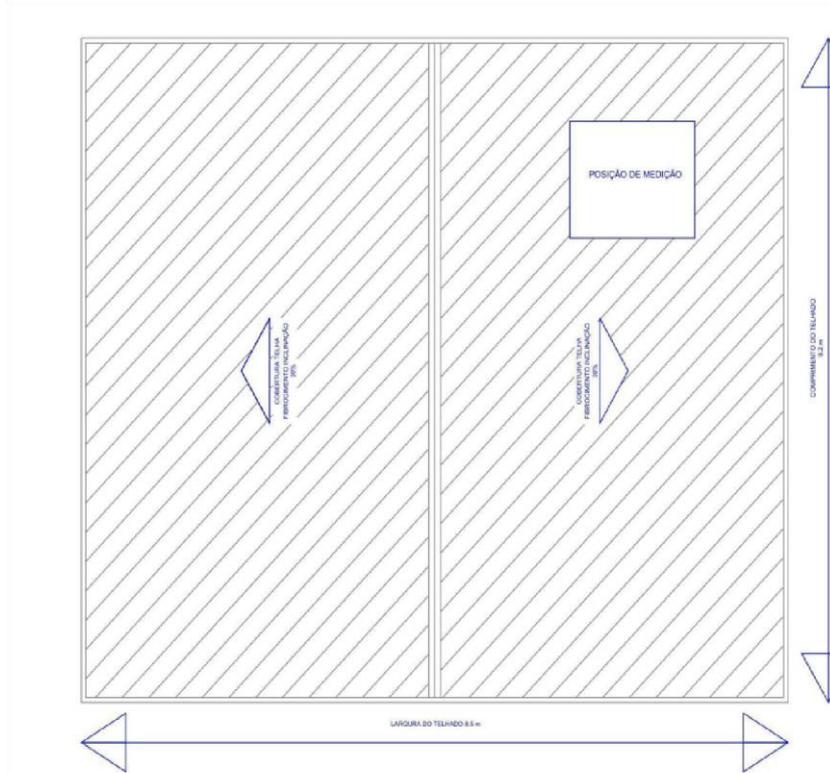


Fonte: Leroy Merlin. Disponível em: <https://www.leroymerlin.com.br/termometro-digital-laser-infravermelho-temperatura-medidor>. Acesso em: 18 maio 2023.

Todas as medições foram feitas na mesma região do telhado, como mostra a Figura 10, e foi adotado o mesmo dia e horário para evitar divergências nos resultados. Assim, os testes foram realizados no dia 20 de maio, em três momentos no decorrer do dia: a primeira medição ocorreu no período da manhã; a segunda, no período da tarde, quando são registradas as

temperaturas mais elevadas; e a última medição, quando o sol estava quase se pondo, no final do dia.

Figura 10 – Posição na qual serão feitas as medições



Fonte: Autor (2023).

No período das medições, também foi verificada a temperatura registrada em geral na cidade de Goiânia, de acordo com o canal do tempo (Tabela 6).

Tabela 6 – Temperatura da região

Horário	09:30	14:30	17:30
Temperatura (C)	19.0°	28.0°	27.0°

Fonte: Canal do tempo. Disponível em: <https://weather.com/weather/today/l/>. Acesso em: 20 maio 2023.

5.4. Características dos materiais

Para o cálculo da resistência térmica, foram coletados os dados dos materiais usados no sistema construtivo, sendo a espessura a mesma usada no telhado e no forro das residências;

enquanto para os dados de condutividade térmica, de densidade e de calor específico, foram adotados os valores especificados em norma. A seguir, na Tabela 7, são apresentados os dados obtidos.

Tabela 7 – Propriedades térmicas dos materiais e espessura

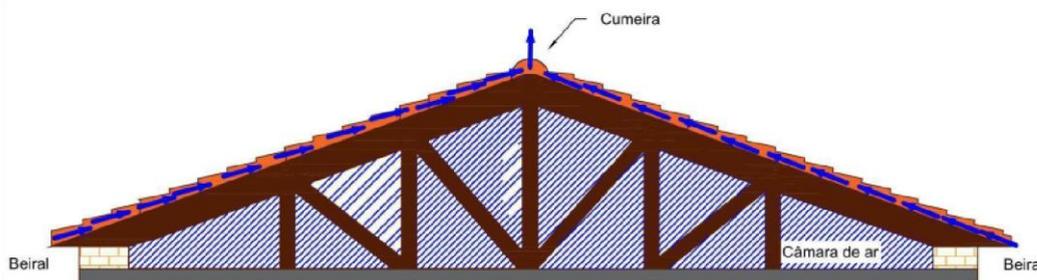
Material	Espessura (m)	Condutividade (W/m.k)	Densidade (Kg/m ³)	Calor específico (J/Kg.K)
Telha fibrocimento	0,006	0,65	1700	0,84
Telha cerâmica	0,015	1,05	1800	0,92
Laje concreto normal	0,1	1,75	2200	1
Policloreto de vinila (PVC)	0,008	0,2	1200	0,88

Fonte: NBR 15220 (ABNT, 2005).

5.5. Dimensões e abertura de ventilação

Na análise do sistema construtivo, além da coleta de dados dos materiais utilizados na cobertura, foram registradas as dimensões das residências e a dimensão da abertura de ventilação pelo beiral. Esses dados são necessários para determinar as condições da câmara de ar, que é o espaço compreendido entre o telhado e o forro, conforme Figura 11.

Figura 11 – Câmara de ar



Fonte: Autor (2023).

A Tabela 8, a seguir, apresenta os dados relacionados às dimensões de cada residência e às medidas de abertura de ventilação. **Tabela 8** – Resumo dos dados das residências

Casa 1: Telhado fibrocimento + Forro PVC

Comprimento	9,2 m
Largura	8,5 m
Casa 1: Telhado fibrocimento + Forro PVC	
Abertura de ventilação	5,5 cm
Cumeeira	1,2 m
Casa 2: Telhado de fibrocimento + Laje concreto convencional	
Comprimento	9,2 m
Largura	8,5 m
Abertura de ventilação	5,5 cm
Cumeeira	1,2 m
Casa 3: Telhado cerâmico + Laje concreto	
Comprimento	13,45 m
Largura	7,4 m
Abertura de ventilação	5,5 cm
Cumeeira	2 m

Fonte: Autor (2023).

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A medição no local foi realizada dia 20 de maio, no domingo, com início às 09h30; a segunda medição foi realizada às 14h; e, por fim, a última, às 17h30.

Ao longo do dia, foi possível perceber que a transferência de calor proveniente da radiação solar, através da cobertura, tende a ter uma variação constante; contudo, alguns sistemas tendem a apresentar temperaturas maiores que os outros quando comparada a temperatura da região externa com a interna do sistema, conforme descrito na Tabela 9 a seguir.

Tabela 9 – Temperatura e medições

Sistema	Temperaturas		
	09:30:00	14:30:00	17:30:00
(fibrocimento+PVC)	25,4	28	26,7
Externa (telha fibrocimento)	29	28,8	23

(fibrocimento+laje)	23,2	28,5	27,6
Externa (telha fibrocimento)	29	28,8	23
(cerâmica+laje)	22,4	27,4	24,9
Externa (telha cerâmica)	36,5	53,2	21,9

Fonte: Autor (2023).

Percebe-se que, de acordo com a Tabela 9, quando se compara a temperatura da superfície externa do telhado, a telha cerâmica tende a apresentar temperaturas mais altas do que a telha de fibrocimento. Isso ocorre devido às propriedades térmicas de ambas, pois, como a telha cerâmica tem uma espessura maior do que a de fibrocimento, ela tende a absorver mais calor, enquanto a fibrocimento não absorve tanto, porque sua espessura é mais fina e, por isso, ela libera o calor mais rápido.

De acordo com Bueno (1994) em seu estudo sobre transferência de calor e umidade em telha, o sistema de cobertura composta por telha cerâmica apresenta uma baixa convecção térmica para o interior do ambiente, em razão de seus componentes de fabricação, quanto ao clima da região, contendo uma boa umidade atmosférica. Nesse cenário, a porosidade da composição da telha cerâmica, que auxilia na absorção da umidade do ar, durante a noite, fica com maior temperatura, perdendo a umidade durante o dia, resultando em uma menor temperatura, ou seja, resultando em uma amplitude térmica, que, juntamente à laje em concreto, torna-se um sistema de cobertura, contribuindo para o atraso de calor interno ambiente.

Em verificação desses resultados, e a realização de cálculos apresentada na Tabela 5, é possível identificar o desempenho em cada sistema; logo, cada respectivo sistema de cobertura poderá atender ou não ao solicitado em norma, conforme apresentado na Tabela 10 a seguir.

Tabela 10 – Atendimento ao critério temperatura para o período de verão

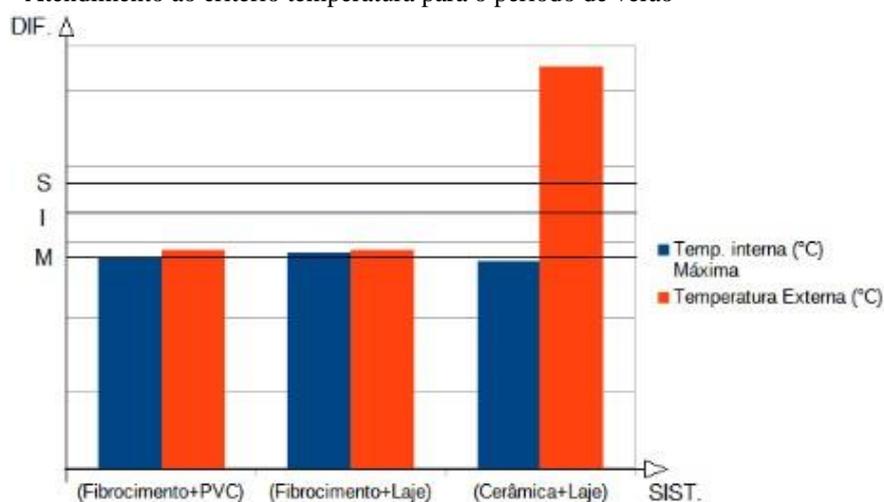
Sistema	Temp. interna (°C) máxima	Temperatura externa (°C)	Atendimento
(fibrocimento+PVC)	28	29	Mínimo
(fibrocimento+laje)	28.5	29	Mínimo
(cerâmica+laje)	27.4	53,2	Superior
Legenda		Verão	

	Não atende ao desempenho mínimo especificado	$T_{m\acute{a}x} \geq T_{ext}$
	Desempenho mínimo	$T_{m\acute{a}x} \leq T_{ext}$
	Desempenho Intermediário	$T_{m\acute{a}x} \leq T_{ext} - 2^{\circ}C$
	Desempenho superior superior	$T_{m\acute{a}x} \leq T_{ext} - 4^{\circ}C$

Fonte: Autor (2023).

Assim, compreende-se que os sistemas em fibrocimento+PVC e fibrocimento+laje atendem ao mínimo (M) solicitado em norma; enquanto o sistema em cerâmica+laje, apresenta desempenho superior (S), representado no Gráfico 1 a seguir.

Gráfico 1 – Atendimento ao critério temperatura para o período de verão



Fonte: Autor (2023).

Entretanto, mesmo atendendo aos critérios de temperatura para o período de verão, os resultados de cálculos obtidos, que serão apresentados na Tabela 11, identificam que, para a zona 6 em análise, os valores de transmitância térmica obtidos não atendem ao que foi solicitado em norma.

Tabela 11 – Memorial de cálculo

Sistema	Resistência térmica (Rt) (m ² .K)/W	Resistência térmica Total (RT) (m ² .K)/W	Transmitância térmica (U) W/m ² K	Absortância (α)	Atendimento
(fibrocimento+PVC)	0,25923	0,46923	2,13	0,64	Não atende
(fibrocimento+laje)	0,27637	0,48637	2,05	0,64	Não atende
(cerâmica+laje)	0,28142	0,49142	2,03	0,75	Não atende

NOTAS:

Rt é a soma das resistências térmicas individuais de cada componente dada pela equação: $\frac{e}{\lambda} + R_{ar} + \frac{e}{\lambda}$, sendo a espessura do telhado pela condutividade do material + a resistência da câmara de ar + espessura λ do material usado no forro pela sua condutividade.

RT, denominada resistência total, é a soma das resistências individuais acrescentadas da resistência superficial externa e a resistência superficial interna, conforme a seguinte equação: $R_{se} + R_t + R_{si}$

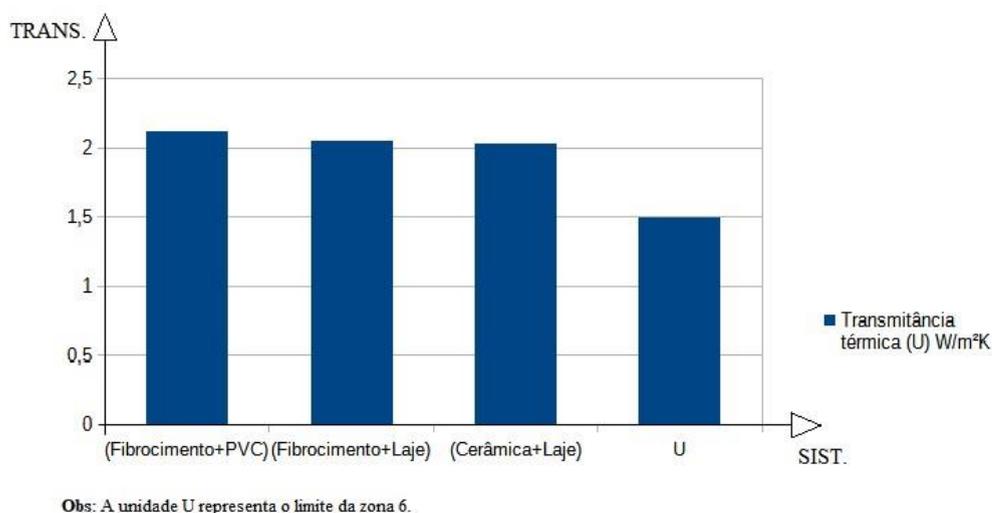
U: $\frac{1}{RT}$ é a transmitância térmica do sistema de cobertura, que é o inverso da resistência total e representa a quantidade de calor que atravessa pelo sistema.

α: é a absortância, é a radiação absorvida pelo telhado, para zona 6, representado na Tabela 3.

Fonte: Autor (2023).

Como pode-se analisar na Tabela 3, os dados de transmitância térmica (U) são inferiores aos valores obtidos em cálculo para a região de Goiânia nos três sistemas de cobertura apresentados, como representado no Gráfico 2 a seguir.

Gráfico 2 – Transmitância térmica



Fonte: Autor (2023).

Segundo estabelecido na norma NBR 15575-5 (ABNT, 2013), representada na Tabela 3, nas zonas de 3 a 6 para coberturas que tenham coeficiente com radiação solar da superfície externa maior que 0,6, a transmitância térmica tem que ser menor ou igual a 1,5, entretanto, ao realizar os cálculos, de acordo com a norma NBR 15220-2 (ABNT, 2005), os valores obtidos foram superiores ao estabelecido. Logo, para que esse sistema consiga atender a norma, é necessário um isolante térmico para a zona bioclimática do estado de Goiás.

7. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com as análises em campo e o clima da região composto pelas temperaturas dos materiais da cobertura, a cobertura fibrocimento apresenta uma maior condução de calor, mesmo com forro PVC ou a laje em concreto. Contudo, a cobertura de cerâmica com laje em concreto, melhor resiste ao calor da atmosfera, devido aos seus componentes de fabricação, num âmbito geral no quesito variação entre temperatura externa e interna.

Utilizando-se dos resultados obtidos na realização dos cálculos de transmitância térmica, nota-se uma alta transferência de calor pelos materiais, que é superior ao solicitado na norma 15575 (ABNT, 2013) para a região de Goiânia, porém, essa diferença de valores se dá pela falta de um isolante térmico no sistema, devido à zona climática. Portanto, cada região tende a ter uma diferença climática considerável, podendo definir de forma diferente a melhor escolha para um sistema de cobertura.

A partir da análise de desempenho térmico realizada, nenhum dos sistemas de coberturas apresentou resultado positivo em relação à norma de desempenho 15575 (ABNT, 2013). Há, portanto, a necessidade de estudos mais aprofundados e preocupação referente à transferência de calor em nossas residências, visto que reduziria a utilização de energia elétrica e o custo durante os anos, com a utilização de equipamentos para suprir o que a cobertura não conseguiu atender.

Por fim, como visto nos resultados da análise apresentada, os sistemas de cobertura mais utilizados em residências de classe média na região não atende ao item de transmitância térmica da norma 15575 (ABNT, 2013), com isso, sugere-se para temas futuros estudos voltados a tipos de materiais ou tecnologias que possam atender ao item transmitância térmica da norma, como uso de isolantes térmicos, mudança na cor do telhado ou alteração no sistema de ventilação natural da cobertura.

8. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-1: Desempenho térmico de edificações - Parte 1: Definições, símbolos e unidades**. Rio de Janeiro, 2005b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-2: Desempenho Térmico de Edificações - Parte 2: Métodos de cálculo da transmitância térmica, da capacidade térmica, do atraso térmico e do fator solar de elementos e componentes de edificações**. Rio de Janeiro, 2005c.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15220-3: Desempenho térmico de edificações - Parte 3: Zoneamento bioclimático brasileiro e diretrizes construtivas para habitações unifamiliares de interesse social**. Rio de Janeiro, 2005d.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-1: Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 1: Requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2021a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15575-5. Edificações habitacionais - Desempenho. Parte 5: Requisitos para sistemas de coberturas**. Rio de Janeiro, 2013.

BIZERRA, A. S. P. *et al.* **Comparativo entre telha cerâmica e telha isotérmica** – análise de parâmetros para conforto térmico. Curso Superior de Tecnologia em Construção de Edificação. Faculdade de Tecnologia Victor Civita - Fatec Tatuapé. São Paulo, 2021. Disponível em:

https://ric.cps.sp.gov.br/bitstream/123456789/8858/1/construcaodeedificios_2021_2_alexsandropereirabizerra_comparativoentretelhas.pdf. Acesso em: 27 maio 2023.

BUENO, A. D. **Transferência de calor e umidade em telhas**. Dissertação (Mestrado) – Curso de Engenharia Civil. Universidade de Santa Catarina. Florianópolis, 1994. Disponível em:

https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/publicacoes/dissertacoes/DISSERTACAO_Andre_Dua_rte_Bueno.pdf. Acesso em: 20 de maio de 2023.

CASTRO, A. P. A. S. *et al.* **Refletância de cores para pintura externa em função das regiões do espectro solar**. Anais Encac – Cotedi. Curitiba 2003

CORBELLA, O ; YANNAS, S. **Em busca de uma arquitetura sustentável para os trópicos - conforto ambiental**. Rio de Janeiro: Revan, 2003.

DIEDRICH, C. H. **Análise do comportamento térmico de coberturas em residências de interesse social**. Trabalho de conclusão de curso – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Tecnológica Federal do Paraná Departamento de Mecânica. Ponta Grossa, 2018. Disponível em: http://riut.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/16403/1/PG_DAMEC_2018_1_3.pdf. Acesso em: 27 maio 2023.

DORNELLES, K. A. **Absortância solar de superfícies opacas**: métodos de determinação e base de dados para tintas látex acrílica e PVA. Tese (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas. Campinas, 2008.

FANGER, P. O. **Thermal Comfort - Analysis and Applications in Environmental Engineering**. Danish Technical Press, Copenhagen, 1970.

FERRARI C; MUSCIO A. **Ventilated pitched roof with forced ventilation and flow homogenizer device: testing and performance assessment**. Journal of Physics: Conference Series, 2019.

INSTITUTO DE PESQUISA TECNOLÓGICA DO ESTADO DE SÃO PAULO. Divisão de edificações. **Cobertura com estrutura de madeira e telhados com telha de cerâmica: manual de execução**. São Paulo: IPT; Sinduscon-SP, 1988.

LAMBERTS, R. *et al.* **Eficiência Energética na Arquitetura**. São Paulo: PW, 1997.

LAMBERTS, R.; GHISI, E.; PAPST, A. L. **Desempenho térmico de edificações**. Relatório do Laboratório de Eficiência Energética em Edificações, Universidade Federal de Santa Catarina. Florianópolis, 2000. Disponível em: https://labeee.ufsc.br/sites/default/files/disciplinas/ApostilaECV5161_v2016.pdf. Acesso em: 20 maio 2023

NIMER, E. **Climatologia do Brasil**. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, Rio de Janeiro, RJ, 1989.

PERALTA, G. **Desempenho térmico de telhas**: análise de monitoramento e normalização específica. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. São Paulo, 2006. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18141/tde-16042007-154420/en.php>. Acesso em: 27 maio 2023.