

REVISTA

BOLETIM DO GERENCIAMENTO
REVISTA ELETRÔNICA

ISSN: 2595-6531





SUMÁRIO

- 1 COMO TECNOLOGIAS ALTERNATIVAS PARA ESGOTAMENTO SANITÁRIO PODEM RESOLVER LIMITAÇÕES DE OBRAS COMPLEXAS.**
SOUZA, Thales Bastos; RODRIGUES, Rafael 01
- 2 ACESSIBILIDADE AO TRANSPORTE PÚBLICO E USO DO SOLO UTILIZANDO FERRAMENTAS DE GEOPROCESSAMENTO: BAIRRO DO RIO COMPRIDO (RJ)**
COSTELHA, Laís de Andrade; BARBALHO, Leonardo Vieira; ALVES, Rosane Martins 16
- 3 PERFIL DOS TRABALHADORES ACIDENTADOS DA CONSTRUÇÃO CIVIL: ESTUDO DE CASO EM HOSPITAL DE BELO HORIZONTE/MG**
RODRIGUES, Josilane Alves; ALVES, Lorena Lehmann; OLIVEIRA, Letícia Efrem Natividade; FERREIRA, Roberta de Amorim..... 27
- 4 SUSTAINABILITY METRICS, METHODS, AND PRODUCTION PROCESSES**
BENEVIDES, M. Cristina C. S.; COSTA, Bruno B. F.; AMARIO, Mayara; HADDAD, Assed Naked 40
- 5 GERENCIAMENTO DE SEGURANÇA NO ARMAZENAMENTO DE PRODUTOS QUÍMICOS SOB A ÓTICA DA SEGURANÇA DE PROCESSOS**
EIRIZ, Débora Nascimento; STOLZ, Carina Mariane; HADDAD, Assed, Naked 51
- 6 FAMÍLIA PARAMÉTRICA PARA PAREDES DE STEEL FRAME**
HOLANDA, Dackyson Kelwyn de Souza Lopes; SILVA, Jéssica Carolina Vieira da; GUILLOU, Rafael Araújo 63
- 7 BAMBU - IMPACTO AMBIENTAL COMO SEQUESTRADOR DE GÁS CARBÔNICO**
POZNYAKOV, Karolina M^a; STOLZ, Carina Mariane²; QUALHARINI, Eduardo³ 73



Como tecnologias alternativas para esgotamento sanitário podem resolver limitações de obras complexas.

SOUZA, Thales Bastos¹; RODRIGUES, Rafael²

thales.bastos.s@gmail.com¹; rafaelr@poli.ufrj.br².

¹Engenheiro Civil, Pós-graduando em Planejamento, Gestão e Controle de Obras Cívicas, NPPG/POLI – UFRJ

²Engenheiro Civil, Mestrando em Engenharia Urbana, NPPG/POLI – UFRJ

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Sistema de bombeamento

Esgoto sanitário

Retrofit

Resumo:

Este artigo tem como objetivo apresentar uma forma alternativa de realizar a instalação sanitária residencial ou comercial em situação de inserção de ambientes geradores de esgoto, geralmente utilizada quando há algum impedimento para instalação convencional (gravitacional). Além de apresentar, de forma simplificada, as etapas do sistema a vácuo, utilizando um exemplo real e em funcionamento, realizou-se também uma comparação de custos para aquisição dos sistemas, indicação ideal para suas aplicações e informação sobre o retorno do investimento do sistema a vácuo. O presente artigo também aborda as tecnologias em um estudo de caso demonstrando as fases de uma instalação real de um novo banheiro e cozinha com uso do sistema de trituração e/ou bombeamento, na cidade do Rio de Janeiro. Constata-se que as novas tecnologias atendem a necessidade de criação de novos ambientes, sendo a de bombeamento com menor custo de investimento e a de sistema a vácuo, mesmo demandando um investimento mais alto, gera considerável economia de água. Para instalações de pequeno e médio porte o sistema de bombeamento apresenta grande funcionalidade comparado ao sistema convencional por gravidade.

Abstract

This article aims to present an alternative way of carrying out residential or commercial sanitary installation in a situation of insertion of sewage generating environments, generally used when there is some impediment to conventional installation (gravitational). In addition to presenting, in a simplified way, the stages of the vacuum system, using a real example in operation, a comparison of costs for the acquisition of systems, ideal indication for their applications and information on the return on investment of the system was also carried out. This article also addresses the technologies in a case study demonstrating the phases of a real installation of a new bathroom and kitchen using the crushing and/or pumping system, in the city of Rio de Janeiro. It appears that the new technologies meet the need to create new environments, with pumping having the lowest investment cost and the vacuum system, even though it requires a higher investment, generates considerable water savings. For small and medium-sized installations, the pumping system has great functionality compared to the conventional gravity system.

1. Introdução

Com a ocupação de espaços antes inutilizados, hoje os centros urbanos das principais cidades estão escassos de terrenos a construir, exigindo cada vez mais a necessidade de reformas, *retrofit*, reocupação e revitalização. São situações comuns nas regiões centrais das principais cidades do Brasil e do mundo.

As reformas têm sido uma alternativa para profissionais da construção civil em meio à queda no número de obras novas nos últimos anos. O crescimento das reformas em imóveis usados também ocorre devido à saturação dos grandes centros urbanos, que têm poucas áreas livres para construções e possuem muitas opções de edificações que podem ser remodelados. [10]

É expressivo o crescimento de reformas comparado ao de construções novas que retraiu. Segundo dados do Sistema de Inteligência Geográfica (IGEO) do Conselho de Arquitetura e Urbanismo do Brasil (CAU/BR), os projetos e obras de novas construções tiveram queda de 7% entre 2015 e 2017. No mesmo período, as reformas tiveram um crescimento de 20%. [10]

Em um levantamento realizado pela AGP Pesquisas e a Casa do Construtor, que entrevistou 400 pessoas em toda região nacional, apresentou que quase 70% dos entrevistados declararam que algum tipo de reforma foi realizado em sua residência no período de 2020 a 2021. [12]

Aqui no país, muitas dessas obras são em edificações anteriores a década de 1980, que exigem determinadas correções e modernizações para que se enquadrem tecnicamente nos padrões e/ou preferências atuais. Em paralelo, obras comerciais em grandes lajes corporativas, expansões de shopping para novas salas, alterações de espaços em clínicas, uso de subsolo, também são exemplos de obras e projetos que ocorrem com certa frequência.

Intervenções como essas, inevitavelmente modificarão posições originais de seus ambientes, alterarão suas finalidades ou até

mesmo acrescentarão novos, onde não existiam.

Nesses casos, para as instalações hidráulicas, onde a premissa é a alimentação de água, geralmente não há grandes problemas para que determinado ambiente receba o ponto de alimentação. Isto porque a água do reservatório superior chega sob razoável pressão em pavimentos inferiores. E caso não tenha pressão mínima, o problema é facilmente solucionado com a instalação de um equipamento de pressurização de água.

Diferente da instalação hidráulica que chega com alguma pressão aos pontos de uso, as instalações de esgoto têm seu sistema de descarte, usualmente, possibilitado pela força da gravidade nas águas residuais das tubulações, e estas precisam estar inclinadas ou na vertical. De acordo com a norma NBR 8160 [1] as tubulações de esgoto de 100mm devem ter declividade de 1% a 4% a depender do volume de contribuição de esgoto. Essa exigência de inclinação no tubo é necessária para que se possua o arraste devido para movimentação dessa água residual.

Além disso, diâmetros de tubos de esgoto em instalações convencionais se encontram na maioria das vezes entre 40mm a 100mm. Os provenientes de bacia sanitárias são obrigatoriamente, de 100mm no mínimo [1]. Dimensões que podem ser determinantes quando é preciso vencer grandes distâncias na horizontal. Podendo a laje ser, por exemplo, protendida, impossibilitando assim até mesmo sua abertura. Outra situação comum de acontecer é o pavimento inferior estar ocupado e não permitir a passagem desse novo trecho em seu ambiente.

Situações como essas são corriqueiras, seja em ambientes residenciais ou corporativas. E considerando a procura cada vez maior por ocupações nos centros urbanos e sua conseqüente modernização, a tendência é que casos como esses continuem a crescer.

Os pontos de esgoto são os mais críticos da reforma hidrossanitária, por exigirem queda gravitacional da água que, muitas vezes, está distante do projetado. Se não for possível a queda de água necessária, a primeira opção é

e elevar o nível do piso. Porém, muitos clientes rejeitam essa condição pois querem os ambientes em nível, ou seja, sem degrau. A alternativa mais comum é criar a distribuição de esgoto pelo teto do vizinho do pavimento abaixo, o que também exige a permissão do seu proprietário [11].

As áreas mais desafiadoras, por ordem, são o banheiro, a cozinha e a lavanderia. Um grande desafio são as novas áreas gourmet em terraços. Pois exigem um ponto de saída para pia, de maneira que passa a ser necessário encaminhar essas águas para a cozinha original. No entanto, na maioria das vezes, esse ponto hidráulico está distante [11].

Nesses casos com restrições na instalação sanitária de forma convencional, é possível que se lance mão de tecnologias mais modernas e viabilizando o projeto. O uso dos sistemas a vácuo e o sistema por bombeamento é uma possibilidade.

2. Sistema a vácuo

O aumento significativo do consumo de água doce no mundo, e a escassez das reservas mundiais de água, tem levado a civilização a desenvolver novas tecnologias, que promovam a economia e sustentabilidade por meio da implementação de sistemas mais eficientes, no que diz respeito ao uso consciente e racional da água [2].

Neste sentido, o sistema de bombeamento a vácuo além de ser uma solução que proporciona instalações hidrossanitárias em locais de difícil instalação, tem sua adoção justificada devido ao seu baixo consumo de água durante o uso.

Em áreas onde a coleta convencional de esgoto por gravidade é de difícil implantação, o sistema de coleta a vácuo é uma opção viável. Áreas planas, com terrenos rochosos e com nível de lençol freático alto tornam o sistema por gravidade muito oneroso e de difícil aplicação [3].

É possível realizar a instalação de um sistema a vácuo em qualquer ambiente, até mesmo residencial, mas não é comum. Em

consulta a empresa de origem europeia EVAC, que fornece e instala este tipo de equipamento no Brasil, considerando um escopo de projeto contendo 6 bacias sanitárias e 10 pias, tem o custo total de R\$ 217.000,00, para aquisição do sistema atualmente (julho de 2022). Nesse valor está considerado a aquisição dos equipamentos para a central de vácuo, as bacias sanitárias e válvulas.

Sistemas a vácuo são enormemente variados, tanto em sua complexidade quanto em seus tamanhos, dependendo da velocidade de bombeamento requerida e do nível de vácuo a ser atingido [4]. Apesar de existir grande variedade de sistemas, para diversos tipos de ambientes e tamanho de instalação, o foco é, quase sempre, na redução do consumo de água.

Os vasos sanitários a vácuo da EVAC economizam até 90% de água em comparação ao vaso sanitário gravitacional. Utilizam somente 1,2 litro de água por descarga e os mictórios utilizam somente 0,6 litro de água. Comparado aos vasos sanitários com caixa acoplada que utilizam de 4 a 9 litros de água por descarga [5].

Para exemplificar uma instalação à vácuo, este artigo apresentará imagens coletadas em um prédio onde o sistema se encontra em uso desde 2010 e está situado no estado do Rio de Janeiro. O local em questão, é um vestiário localizado no subsolo deste prédio e atende a 8 bacias sanitárias, 9 lavatórios e 4 ralos e sua concepção foi possível na época utilizando a tecnologia de sistema a vácuo, que elevam essas águas residuais para o pavimento térreo acima. O sistema a vácuo é subdividido em partes:

- Bacia Sanitária

Na maioria dos modelos atuais, as bacias são, estaticamente semelhantes, às convencionais, mas geralmente são mais compactas, conforme figura 1. Sua principal característica é não possuir o sifão, no lugar dele existem a presença de válvulas, as duas principais sendo a de estanqueidade do vácuo para dentro da tubulação e a de acionamento do enxague [4]. O fluxo de água de 1,2 litro utilizado em seu acionamento tem por finalidade a limpeza.

Figura 1 – Bacia sanitária de sistema a vácuo



Fonte: Autor

Figura 3 – Válvula de descarga DN32



Fonte: Autor

- Válvulas

As válvulas de interface e de descarga são os componentes fundamentais para realizar o transporte das águas residuais que estejam no ambiente atmosférico para o interior do sistema com pressão inferior “sistema a vácuo”. Existem, basicamente, as válvulas de descarga de DN 50mm e DN 32mm. A maior, direcionada a resíduos líquidos e sólidos (bacia sanitária) [4]. Na figura abaixo é apresentado uma válvula de descarga que foi retirada do sistema para a realização de ajustes.

Figura 2 – Válvula de descarga DN50



Fonte: Autor

Conforme apresentado na figura 3, a válvula de descarga de DN 32mm é específica para a descarga de águas residuais sem presença de sólidos (pia, ralo).

- Central de vácuo

Quando o botão de acionamento da bacia é pressionado ou volume de água é acumulado em outro dispositivo de utilização, a válvula abre-se, aspira o esgoto que é levado através das tubulações em direção à unidade central de vácuo. Após o esgoto chegar à estação de vácuo, este é armazenado num tanque, sendo posteriormente encaminhado para um coletor e enviado para rede urbana ou de tratamento [2].

A central de vácuo é composta em sua maior parte basicamente por: duas unidades de tanques de armazenamento, duas bombas de geração de vácuo e um painel de controle programável. E sua instalação ocupa o espaço a partir de 6 m² em média e que precisa ser ventilada. Parte desses componentes é possível ver na figura abaixo.

Figura 3 – Central de vácuo



Fonte: Autor

O sistema de esgoto a vácuo tende a ser mais usado em setores como entretenimento e hospedagem. Ou em locais com alto fluxo de pessoas, por exemplo: aeroportos, rodoviárias, estações de metrô/trem, espaço para eventos. Também pode ser usado em ambientes como: universidades, escritórios e instituições [5]. Em vista disso, podemos observar que boa parte dessas instalações são destinadas a locais com alto fluxo de pessoas. Em consequência, grande uso de dispositivos geradores de esgoto, sendo em principal, a bacia sanitária.

Essa característica citada acima se deve a busca do retorno do valor investido na instalação do sistema que pode ser considerado elevado para determinadas condições. Esse retorno financeiro é alcançado ao decorrer do tempo com a economia no uso de água potável, tendo como preceito que quanto maior uso de descargas de bacias sanitárias, maior a possibilidade de economia ao longo do tempo de uso.

3. Sistema de bombeamento

O sistema de bombeamento de esgoto abordado nesse trabalho tem como foco a análise em instalações residenciais e corporativas/comerciais. Nesse estudo não serão abordadas grandes instalações como estações elevatórias de esgoto de um bairro ou conjunto de edificações.

Existem casos na construção civil que se faz necessário inserir ambientes geradores de esgoto, e em alguns deles a execução é mais complexa, como os exemplos que seguem:

- Novo conjunto de banheiros em um subsolo de uma unidade de ensino;
- Nova cafeteria em um shopping onde o espaço não possui ponto de esgoto;
- Novo banheiro para transformar o quarto em uma suíte em um apartamento onde existe apenas um banheiro (social);
- Mudança do local da cozinha em uma reforma de apartamento;
- Movimentar/deslocar a bacia sanitária de uma sala comercial em local onde não existe laje dupla;

- Nova clínica médica com salas de atendimento (todas necessitam de uma pia) em uma laje corporativa onde existe apenas um tubo de queda de esgoto e este esteja distante;

Essas são apenas algumas das situações em que a instalação hidrossanitária de uma obra pode ser fator complicador para ser concretizada. Algumas, por estarem abaixo do sistema de esgoto urbano (subsolos e terrenos em declive) e outras pela impossibilidade de atravessar a laje, seja devido ao fator estrutural ou o atual uso do espaço do pavimento inferior.

O sistema de bombeamento de esgoto pode ser uma boa solução para que seja possível executar a obra destes novos ambientes. A empresa de origem francesa SANITRIT SFA, possui um sistema que pode ser adaptado a bacias sanitárias convencionais de saída horizontal, ou modelos de bacias próprias, que contêm em seu interior o sistema de trituração e bombeamento. Esse aparelho ou a própria bacia, tem como objetivo receber as águas residuais e de forma automática, triturá-las em caso de bacia sanitária e bombeá-lo até um ramal de esgoto existente mais próximo. De forma semelhante, existe o sistema de bombeamento exclusivo para águas cinzas (lavanderia, DML, cozinha, copa).

A figura 4 ilustra o posicionamento do equipamento atrás da bacia sanitária com saída horizontal. Uma entrada lateral superior podendo ser para receber a água do lavatório e o terceiro ponto superior, referente a saída do esgoto (recalque).

Figura 4 – Sistema Sanitrit para banheiro



Fonte: Catálogo Sanitrit

Com soluções oferecidas pela mesma empresa, também existe a possibilidade de bombear o esgoto proveniente de um conjunto de banheiros de forma simultânea utilizando apenas um equipamento. Essa linha de equipamento é chamada de “sanicubic”, podendo possuir 2 motores com funcionamento intercalados ou simultâneo, com instalação sobre o piso acabado, sistema automatizado com bloco de comando e alarme sonoro. Esse equipamento tem seu custo aproximado de R\$ 15.000,00, atualmente (julho de 2022), e pode receber as águas residuais de até 8 banheiros de forma simultânea e bombeá-la a uma altura de até 11 metros, conforme exemplo apresentando nas imagens 18 e 19 do ANEXO A.

Conforme citado anteriormente, são casos frequentes a necessidade de inserção de um novo banheiro em um subsolo, sendo possível sua criação através do uso de um equipamento de trituração/bombeamento Sanitrit. Na figura 5 é apresentado o esquema básico de funcionamento para essa situação.

Figura 5 – Sistema de bombeamento em subsolo



Fonte: Catálogo Sanitrit

Em necessidade de criar uma cozinha/copa ou até mesmo a mudança de seu local, existe chance de nesse novo ambiente não possuir um ponto de esgoto específico próximo ou não ter caimento suficiente até o ponto original. Deste modo, sendo necessário lançar mão de um sistema de bombeamento. Na figura 6 abaixo é demonstrado um esquema desse tipo de instalação, utilizando um equipamento exclusivo para receber e bombear

águas cinzas. Esse podendo receber águas de até 4 dispositivos simultaneamente [7].

Figura 6 – Sistema de bombeamento para cozinha

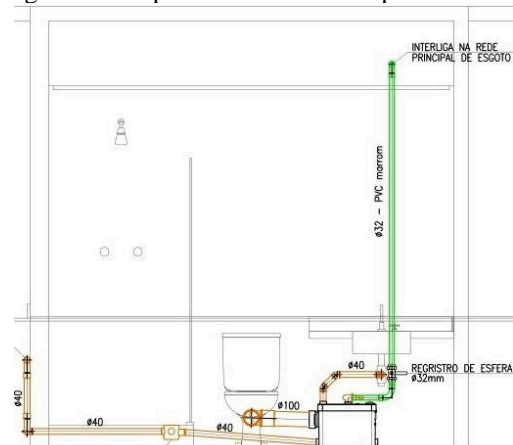


Fonte: Catálogo Sanitrit

O conjunto bomba-motor é dimensionado para vencer uma diferença de cota entre dois pontos, chamada de altura geométrica. Para isso é necessário calcular a altura manométrica que é a altura geométrica adicionada das perdas de carga existentes no trecho de recalque [6].

Em média, os equipamentos de bombeamento podem impulsionar as águas residuais até 5 metros na vertical ou 100 na horizontal. Existe outra linha específica de equipamento que possibilita bombear essas águas a maiores alturas caso haja necessidade [7].

Figura 7 – Esquema bombeamento para banheiro



Fonte: projeto executivo residencial

Na figura acima, é apresentado parte de um projeto de instalações realizado para inserção de novo banheiro com uso do sistema. O modelo do equipamento especificado em projeto é o “sanipack”, responsável em receber o esgoto de um banheiro completo: ralo do box, bacia sanitária e lavatório.

Existe também uma solução de equipamento dessa mesma empresa que oferece a possibilidade de redução no consumo de água potável. O modelo de equipamento é “sanicompact”, sendo uma de suas bacias exclusivas com bomba trituradora embutida à louça. Ela possui duplo acionamento de 1,2 litros e 3 litros por fluxo e pode gerar até 70% de economia de água [9].

Segundo informado pela empresa SANITRIT os equipamentos abordados acima para um banheiro ou uma pia podem custar atualmente para o cliente final entre R\$ 3.000 a R\$ 4.400 por uma unidade (consultado em julho de 2022). Aplicando o mesmo exemplo para análise de custo utilizado para o sistema a vácuo, 6 bacias e 10 pias, o custo para aquisição do sistema por bombeamento será de R\$ 15.000 a R\$ 28.000,00 a depender da escolha dos equipamentos, podendo ser os modelos adaptáveis ou da elevatória “sanicubic”.

4. Forma convencional

O sistema de coleta de esgoto por gravidade é um sistema cujo escoamento do líquido é livre, ou seja, o líquido é conduzido pela ação da pressão atmosférica. Ao contrário do escoamento forçado que utiliza pressões geralmente maiores que a atmosférica para realizar seu deslocamento [8].

Todos os trechos horizontais previstos no sistema de coleta e transporte de esgoto sanitário devem possibilitar o escoamento dos efluentes por gravidade, devendo, para isso, apresentar uma declividade constante (NBR 8160) [1].

Esse tipo de instalação de forma gravitacional é utilizado quase em sua totalidade em novas construções. Sabendo que no planejamento da edificação poderão ser

definidos os locais de todos os ambientes geradores de esgoto, esses serão concebidos em projeto com seus respectivos pontos de escoamento. Não necessitando de outros sistemas que envolvam equipamentos mecânicos e elétricos, conforme apresentado neste trabalho.

Em reformas, *retrofits*, expansões, dentre outras solicitações, a forma convencional (por gravidade) para instalações hidrossanitárias também é amplamente utilizada, mesmo existindo formas mais modernas para que tal alteração seja viabilizada. Essas ações podem gerar transtornos para se tornar possível, causando um custo acima do esperado e demandar tempo elevado para seu planejamento e execução. Existindo ainda um agravante, em determinadas solicitações o sistema convencional será impossível de ser executado ou exigirá muitas mudanças no projeto podendo assim inviabilizá-lo.

5. Planejamento, implementação e uso

Tendo conhecimento das tecnologias apresentadas neste trabalho, o sistema a vácuo e de bombeamento, é proporcionado um leque de novas formas de se planejar e projetar uma reforma, *retrofit* ou ampliação de edificações. Sendo de grande importância atentar para que haja um bom planejamento e suporte técnico específico para a aplicação dos sistemas.

Além da possibilidade de criar ambientes de uso hidráulico, esses sistemas podem proporcionar economia para a realização da reforma, menor consumo de materiais, maior praticidade e, sobretudo, menor prazo para a entrega da obra. Além do fator sustentável, diante da possibilidade de sensível economia de água potável ao decorrer do seu uso. Cada proposta de intervenção deverá ser analisada para identificar qual tecnologia se enquadra melhor a determinada solicitação de projeto e uso.

Ambas as empresas citadas nessa pesquisa disponibilizam profissionais capacitados para realizar visitas técnicas, consultorias, reuniões para avaliação dos projetos e especificação dos equipamentos ideais. Faz-se necessário o

acompanhamento técnico de profissional especializado.

Após a instalação destes sistemas, deve haver manutenção preventiva para um perfeito funcionamento e, assim, garantir maior vida útil. Tais manutenções precisam ser solicitadas à empresa responsável pelos equipamentos e repassadas ao responsável do espaço que sofreu alterações de obra civil.

6. Estudo de caso

Foi utilizado como estudo de caso para esse trabalho, o acompanhamento de parte da reforma de um apartamento residencial na cidade do Rio de Janeiro. No qual será realizada a inclusão de dois novos ambientes geradores de esgoto, que só foi possível com o uso do sistema de bombeamento. Os dois novos ambientes são: uma área gourmet contendo uma pia, onde antes era uma varanda e um novo lavabo social onde antes era um escritório.

Nas figuras 8 e 9 é demonstrado parte do projeto arquitetônico do apartamento com a indicação dos novos ambientes a serem acrescentados e o ponto em que serão destinadas as águas residuais de cada novo ambiente.

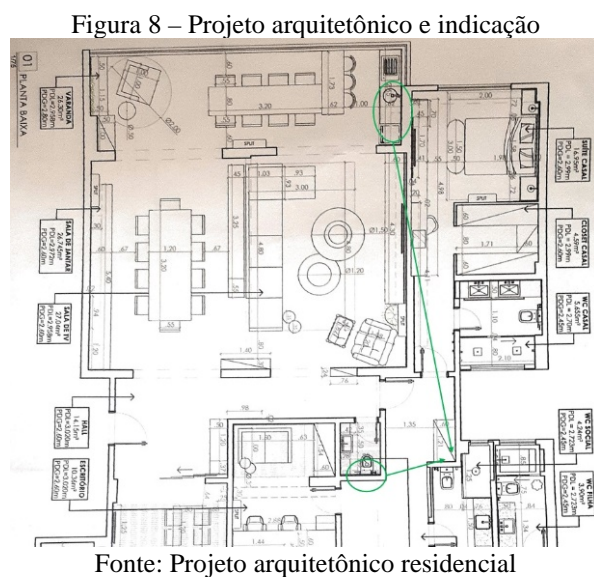
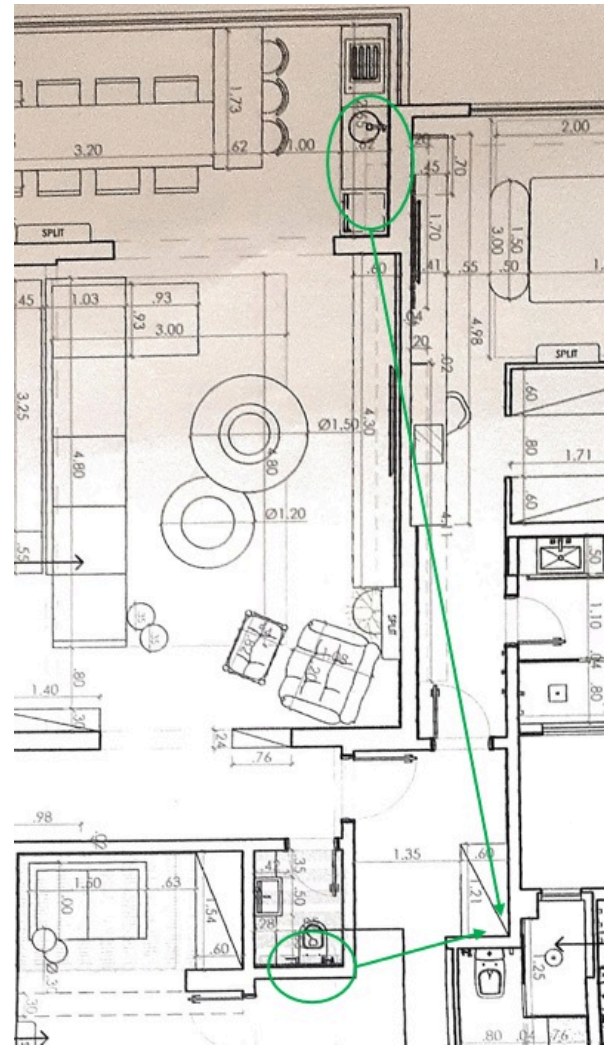


Figura 9 – Projeto arquitetônico e indicação



Fonte: O autor

Nas próximas imagens serão apresentadas etapas de evolução da obra com enfoque para os dois ambientes onde serão instalados os aparelhos de bombeamento.

A figura 10 apresenta o local onde será instalado o novo lavabo. É possível ver na parede as instalações hidráulicas de forma convencional: tubulações em PVC, válvula de descarga, ponto de alimentação para ducha higiênica, registro e o local previsto para instalação do suporte da bacia sanitária suspensa. Além disso, logo atrás, foi instalado o aparelho, modelo “sanitop”, onde é possível ver o seu posicionamento.

Figura 10 – Parede do lavabo



Fonte: O autor

Ainda na figura 10, podemos observar o principal diferencial de uma instalação sanitária convencional para um banheiro: a falta do tubo de esgoto de 10 cm de diâmetro atravessando a laje para o pavimento inferior.

Nas figuras 11 e 12 é apresentado o posicionamento da nova bancada com pia. É possível ver o ponto de energia para os aparelhos, piso semiacabado e parede emboçada. E novamente com a vantagem de não existir a saída de tubo de 40mm ou 50mm na parede, para assim ser direcionado aos ramais principais.

Figura 11 – Local da nova área gourmet



Fonte: Autor

Na figura 12, nota-se a instalação elétrica com seus pontos de tomadas definidos da parede na qual um deles será destinado ao equipamento de bombeamento, que possui tensão de 220V.

Até esse momento da obra, o tubo de recalque do equipamento (PVC marrom 32mm), ainda não foi instalado na parede. Somente o trecho da tubulação na horizontal está instalado, esse estando sobre o rebaixo de teto em gesso acartonado ligando os dois pontos, de envio e recebimento.

Figura 12 – Parede da nova bancada com pia



Fonte: Autor

A figura 13 revela o trecho de ligação entre uma das duas tubulações de esgoto (PVC marrom - DN32) e um ramal de esgoto de tubo PVC de 100mm apoiado sobre a laje. Esse conecta no tubo de queda que se encontra no banheiro já existente ao lado.

Figura 13 - Trecho primário de recebimento



Fonte: Autor

Cabe informar que essa forma de conexão dos tubos de recalque ao tubo de queda pode ser feita de variadas maneiras, e formas de

otimização. A maneira apresentada na imagem não é regra ou precisa ser seguida sendo uma escolha do responsável da obra e que apresentou viabilidade técnica.

Na figura 14, é possível observar a parede de trás do lavabo, com tubo a esquerda, PVC branco 40mm, que vem do lavatório e a direita, o tubo de recalque de PVC marrom de 32mm com um registro esfera e união, esse sobe até o entreforro, segue poucos metros na horizontal e desce no trecho de recebimento conforme imagem anterior (figura 13). Além disso, existe uma abertura na parede para recebimento da bacia com saída horizontal. Todas essas conexões serão conectadas ao aparelho de bombeamento a ser instalado.

Figura 14 – Parte de trás do lavabo



Fonte: Autor

Figura 15 – Tubo de recalque sobre rebaixo



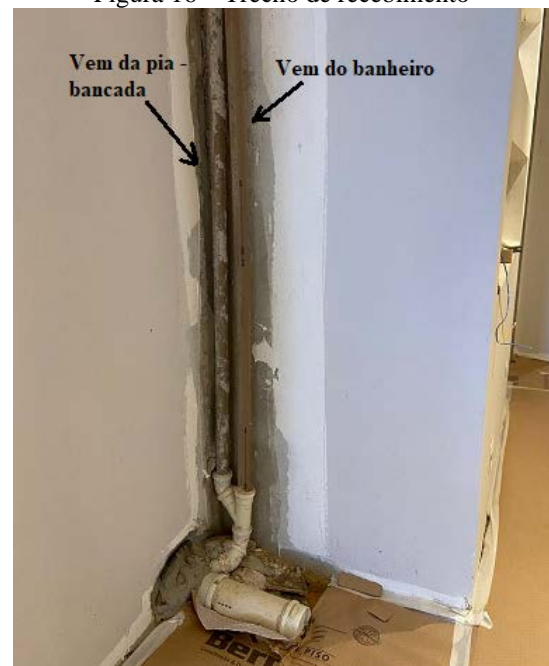
Fonte: Autor

Na figura 15, é sinalizado o tubo de recalque do sistema de bombeamento do lavabo, passando sobre o rebaixo de teto.

É relevante acrescentar, mesmo que seja necessário atravessar uma viga nesse trajeto do tubo de recalque sobre o rebaixo de teto, torna-se uma condição menos prejudicial aos cálculos do projetista, realizar furos para atravessar um tubo de 32/40mm em vez de um tubo de 100mm, o que aconteceria no caso de um sistema convencional.

Em uma última visita a obra antes do término desse trabalho, foram registradas as duas imagens abaixo, figuras 16 e 17. Na figura 16 é possível ver a instalação do segundo tubo de recalque, sendo cada um vindo do seu respectivo ambiente e conectando ao ramal que será direcionado ao tubo de queda no banheiro ao lado.

Figura 16 – Trecho de recebimento



Fonte: Autor

Na imagem seguinte, figura 17, é apresentado o ambiente da área gourmet agora com a bancada e pia instaladas, como também o trecho de espera da tubulação PVC marrom de 32m que será conectado ao equipamento a ser inserido. Na imagem é representado em azul o local aproximado que o equipamento será instalado.

Figura 17 – Nova bancada de área gourmet



Fonte: Autor

Como não foi possível inserir nesse trabalho a instalação final dos equipamentos devido ao tempo da obra ter se estendido, em ANEXO A, nas figuras 21 a 26, são apresentadas imagens de outras instalações reais que hoje estão em funcionamento.

7. Resultados

Utilizando o mesmo conjunto abordado inicialmente de 6 bacias e 10 lavatórios e analisando o custo para o sistema a vácuo de R\$ 217.000,00, comparado ao custo para aquisição do sistema de bombeamento, que fica em média de R\$ 21.500,00, é constatado uma diferença 90% do custo para aquisição dos equipamentos. Sobretudo, considerando a economia de água gerada no decorrer do tempo no sistema a vácuo, essa condição poderá ficar menos desfavorável ao passar dos anos. Conforme tabela 1 do ANEXO A, sendo considerado o mesmo escopo de 6 bacias e 10 lavatórios e agregando informações de uso, com 120 pessoas circulando ao dia e tarifa média de água sendo R\$35,00/m³, assim podendo-se chegar ao resultado de uma economia média anual de pouco mais de R\$ 15.000,00, alcançando um *payback* por volta de 13 anos, referindo-se exclusivamente para essa situação apresentada. Nessa análise não foram contabilizados custos de energia elétrica e manutenções durante seu uso. A figura 20 do ANEXO A apresenta um estudo de caso produzido pela empresa EVAC que demonstra

um *payback* de 2,2 anos para implantação em um shopping. Essa análise foi feita no período inicial dos anos 2000 e conforme informado nesse trabalho, devido ao grande número de bacias e usuários o *payback* demonstrou que o sistema se torna bastante válido para instalações de grande porte.

Fazendo outra análise de custo, agora da tecnologia de bombeamento comparada ao sistema convencional de elevação do piso, e utilizando a situação do estudo de caso desse trabalho, para viabilizar os ambientes (área gourmet e lavabo), e utilizando a tabela de composição sintética do SINAPI[13], sendo o custo de contrapiso para 7cm (altura média necessária), tem-se o valor de R\$ 55,85/m². Supondo a aplicação da elevação apenas na metade da área do apartamento em questão (105m²), o custo ficaria em torno de R\$ 5.864,25. Este valor corresponde ao custo de um dos equipamentos de bombeamento (pia ou banheiro), tendo ainda um saldo por volta de R\$ 1.800,00.

Analisando agora o tempo demandando para essa mesma ação abordada no parágrafo acima, de elevação do contrapiso de forma convencional, estipulando uma execução de 10m²/dia, com uma equipe (pedreiro e ajudante), seriam necessários pouco mais de 10 dias de trabalho. Sendo um tempo significativamente superior quando comparado ao período que é necessário para instalação dos dois aparelhos, de 1 a 2 dias. Sendo que a instalação do sistema por bombeamento demanda mais tempo na aplicação dos tubos e conexões, situação que também seria necessária no sistema convencional. Utilizando dessa mesma análise comparativa entre sistema de bombeamento e o de elevação de piso, a segunda utilizaria muito mais insumos e matéria prima comparado a tecnologia mais moderna, sendo necessário realizar um enchimento com espaço físico final equivalente a 7,35m³. Além do desnível (degrau) que seria gerado no apartamento. Situação que foi de antemão rejeitada pelo proprietário do local. E obviamente, atravessar a laje para a passagem das tubulações não foi permitido pelo

condomínio e/ou pelo vizinho do andar inferior.

8. Considerações Finais

A construção civil carece de novas e mais eficientes tecnologias e, lançar mão de sistemas inovadores pode ser um diferencial na hora de planejar uma reforma com sucesso. Essas novas tecnologias podem viabilizar tecnicamente novos ambientes em uma necessidade de intervenção, além de proporcionar economia e velocidade na execução e até uma possível redução de consumo de água ou de matéria prima.

Ao planejar uma obra de reforma, expansão ou *retrofit*, é comum acontecer de soluções convencionais de sistemas prediais, como o sanitário, por exemplo, serem, tecnicamente, inviáveis.

Nesse trabalho, foram apresentadas duas tecnologias alternativas ao sistema convencional de esgotamento, que podem proporcionar um vasto benefício para uma parte relevante de obras civis, quando o assunto em questão é: revitalização do estabelecimento, reforma, implantação, expansão.

Conforme apontado nessa pesquisa, que tem como enfoque principal, sistemas que promovam novos ambientes geradores de esgoto em locais que de forma convencional não seriam viáveis. Caso o local a ser instalado o novo sistema tenha um grande fluxo de pessoas e uso de banheiros (aeroportos, shoppings, hotéis, universidades), a tecnologia de sistema a vácuo pode ser uma boa escolha devido o retorno financeiro proporcionado pela economia de água. Podendo ainda ser calculado o tempo médio de retorno do investimento antes mesmo da sua aplicação.

No mesmo cenário apresentado acima, a instalação do sistema de bombeamento também é possível, sendo que a economia de água passa a não ser o diferencial, e sim o valor inicial investido, que é consideravelmente inferior quando comparado ao sistema a vácuo. Além da menor intervenção civil, no caso de não ser necessário um espaço exclusivo para

uma central de vácuo, como é de exigência no sistema a vácuo, o aparelho de bombeamento pode estar situado na parte interna do banheiro, embutido na parede, embutido em um móvel, marcenaria ou compartimento em drywall (necessitando que seja de fácil acesso).

No entanto, obras civis para alterações em estabelecimentos com baixo fluxo de pessoas e uso de bacias sanitárias, como por exemplo, loja, residência, laje corporativa, sala comercial, clínica médica, escola, em que haja impeditivos para instalações de esgoto de forma convencional, conforme explanado nesse trabalho, o sistema mais favorável poderá ser o de bombeamento devido seu baixo custo de aquisição e implantação. Contudo cada necessidade deverá ser analisada de forma criteriosa e alcançado sua aplicação ideal analisando: viabilidade técnica, custos de aquisição e aplicação, tempo de obra, tipo de utilização (residencial ou comercial), fluxo/volume de uso das bacias, facilidade de manutenção, economia gerada a longo prazo, impacto ambiental.

9. Referências:

- [1] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 8160: Sistemas prediais de esgoto sanitário – Projeto e Execução*. Rio de Janeiro, 1999.
- [2] CEDOVIM, R. A. *Sistemas prediais não tradicionais de drenagem de águas residuais domésticas – Sistema de drenagem por vácuo*. (Dissertação) – Curso de Engenharia Civil, Universidade do Porto, Portugal, 2013
- [3] CAMPOS, G. F. *Estudo Comparativo entre dois sistemas de coleta esgoto: a vácuo e por gravidade*. Curso de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Santa Catarina, 2007
- [4] ANIBAL, R. F. *Esgotamento sanitário a vácuo: descrição e avaliação econômica*. (Dissertação) – Escola de Engenharia de São Carlos, 2009.

- [5] EVAC empresa. *Soluções Ecológicas para construção civil*, catálogo, 2017
- [6] AZEVEDO NETTO, José de; ALVAREZ, Guillermo Acosta. *Manual de Hidráulica*. São Paulo 6 edição. 1996
- [7] SFA SANITRIT. *Bombas e trituradores sanitários*, catálogo técnico, 2018
- [8] NUVOLARI, Ariovaldo. *Esgoto Sanitário: Coleta, Transporte, Tratamento e Reuso Agrícola*. São Paulo 1ª edição. 2003.
- [9] SFA SANITRIT. *O que você precisa para ter um banheiro funcional*, blog digital 2019. Disponível em: <http://sanitritsolucao.com.br/sanicompact>. Acesso em: 25 mai. 2022.
- [10] G1, GLOBO. *Com queda em novas obras, reformas ganham espaço*. Quadro Em Movimento, 2018. Disponível em: <https://g1.globo.com/especial-publicitario/em-movimento/noticia/com-queda-em-novas-obras-reformas-ganham-espaco.ghtml> Acesso em: 10 jun. 2022.
- [11] AECWEB. *Mudança de ponto hidráulico exige recursos de engenharia*. Revista, Instalações, 2022. Disponível em: <https://www.aecweb.com.br/revista/materias/mudanca-de-ponto-hidraulico-exige-recursos-de-engenharia-e-novas-tecnologia/23311>. Acesso em: 17 jun. 2022.
- [12] AGÊNCIA BRASIL, EBC. *Pesquisa aponta aumento de reformas residenciais durante a pandemia*. Rádio agência Nacional, 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/economia/audio/2021-10>. Acesso em: 22 jun. 2022.
- [13] SINAPI. *SINAPI_ref_Insumos_Composicoes_RJ_052022_NaoDesonerado*. Referência de preços e custos, 2022

10. Anexos e Apêndices

ANEXO A

Figura 18 e 19 – Equipamento Sanicubic 2 recebendo 8 saídas simultâneas de bacias sanitárias



Fonte: Documentos Sanitrit

Tabela 1:

Considerações:

Ambiente escolar: 120 pessoas/dia em circulação

Dias utilização por mês: 26 dias

Valor médio tarifa de água (m³): R\$ 35,00

Nº de descargas por pessoa/dia: 2

Consumo (litros):	Convencional	Vácuo	Economia (litro)
Por acionamento	7	1,2	5,8
Diário	1680	288	1392
Mensal	43680	7488	36192
Anual	524160	89856	434304
			83%
Gastos:	Convencional	Vácuo	Economia (R\$)
Mensal	R\$ 1.528,80	R\$ 224,64	R\$ 1.304,16
Anual	R\$ 18.345,60	R\$ 2.695,68	R\$ 15.649,92

Fonte: Autor

Figura 20 – Estudo de caso novo shopping, EVAC



Estudo de caso : Novo projeto Shopping

Premissas :

Número de vasos sanitários :	368	
Ocupação / dia :	90.000	
Dias de utilização por mês :	30	
Tarifa local água e esgoto: R\$/m³:	10,00	<i>Dados de projeto (estimativa baixa)</i>
Nº Descargas por pessoa :	0,5	

Planilha de Payback dos equipamentos :

Comparativo	Convencional	Vácuo	Economia
descarga (litros/pessoa/dia)	6,0	1,2	
consumo diário em litros	189.000	37.800	80%
Consumo em m³			
Mensal	5.670	1.134	4.536
Anual	68.040	13.608	54.432
Gastos em R\$			
Mensais	56.700	11.340	45.360
Anuais	680.400	136.080	544.320
Custo total dos equipamentos Evac em R\$			1.281.400
<i>Vasos + central</i>			
Custo de um sistema convencional em R\$			110.400
<i>Vasos convencionais : unitário R\$ 300</i>			
Investimento inicial			1.171.000
Pay back em tempo			
meses			26
anos			2,2
Estimativas de economias totais após 4 anos em R\$			R\$ 1.006.280

Fonte: Documentos EVAC

Figura 21 e 22 – Equipamento “sanipro” sem acabamento



Fonte: Empresa Sanitrit

Figura 23 e 24 – Equipamento “sanipack” embutido na parede e gabinete



Fonte: Showroom Sanitrit (RJ)

Figura 25 e 26 – Equipamentos “sanivite” com e sem caixa de gordura o antecedendo



Fonte: Empresa Sanitrit



Acessibilidade ao transporte público e uso do solo utilizando ferramentas de geoprocessamento: bairro do Rio Comprido (RJ)

COSTELHA, Laís de Andrade¹; BARBALHO, Leonardo Vieira²; ALVES, Rosane Martins³
 laiscostelha@poli.ufrj.br¹; leonardovb@poli.ufrj.br²; rosane.alves@poli.ufrj.br³

¹ Mestranda em Engenharia Urbana, POLI-UFRJ, Rio de Janeiro

² Mestre em Engenharia Urbana, POLI-UFRJ, Rio de Janeiro

³ D.Sc., Professora no Mestrado em Engenharia Urbana, POLI-UFRJ, Rio de Janeiro

Informações do Artigo

Palavras-chave:
 Acessibilidade
 Transporte Público
 Segregação Socioespacial

Resumo:

O desenvolvimento das cidades também está relacionado com a evolução dos meios de transporte, que possibilitaram a expansão das áreas ocupadas. A precária acessibilidade ao transporte público afeta a sustentabilidade urbana e impacta negativamente a rotina diária da população. Sob esta ótica, este artigo analisa o alcance do transporte público urbano no bairro do Rio Comprido (RJ), do ponto de vista da mobilidade sustentável, com enfoque na relação entre transporte e uso do solo. Foram utilizadas ferramentas de geoprocessamento a fim de mapear a área de estudo para melhor entender a correspondência entre as demandas de mobilidade e a distribuição das funções urbanas, bem como a acessibilidade aos sistemas de transporte da área de estudo. Identificou-se que vários locais do bairro, que são predominantemente ocupados por moradores de baixa renda, não são atendidos pela rede de transporte público, refletindo o problema de segregação socioespacial em relação à mobilidade e à acessibilidade, muito latente nas cidades brasileiras.

Abstract

The development of cities is also related to the evolution of means of transport, which enabled the expansion of occupied areas. The precarious accessibility to public transport affects urban sustainability and negatively impacts the daily routine of the population. From this perspective, this article analyzes the scope of urban public transport in the Rio Comprido neighborhood (RJ), from the point of view of sustainable mobility, focusing on the relationship between transport and land use. Geoprocessing tools were used in order to map the study area to better understand the correspondence between mobility demands and the distribution of urban functions, as well as the accessibility to transport systems in the study area. It was identified that several places in the neighborhood, which are predominantly occupied by low-income residents, are not served by the public transport network, reflecting the problem of socio-spatial segregation in relation to mobility and accessibility, very latent in Brazilian cities.

1. Introdução

O transporte público é um elemento de infraestrutura imprescindível no ambiente urbano contemporâneo. O deslocamento entre os diferentes pontos de uma cidade é uma necessidade constante da população, que precisa se locomover para fins de trabalho, estudo, lazer, saúde, dentre outros.

A relação entre o uso do solo e o transporte é notável e essa integração garante um equilíbrio entre a oferta e demanda por transporte e assim auxilia o desenvolvimento e a mobilidade urbana sustentáveis [1]. Historicamente o transporte possui grande influência sobre diversas características das cidades, como sua localização e tamanho, bem como no hábito de seus cidadãos [2]. Sendo assim, pode-se investigar se essa ligação apresenta um nível satisfatório nos diferentes espaços urbanos e se ela garante um sistema de transporte eficiente e um uso do solo funcional.

Estudos mostram que assentamentos precários mais acessíveis são os que apresentam maiores ocupações, maior participação em atividades e mobilidade com características mais sustentáveis [3]. Tem sido evidentes as desigualdades socioespaciais na acessibilidade, no contexto da habitação informal, em relação aos padrões de uso e ocupação do ambiente construído e da mobilidade urbana, de modo que a população periférica de baixa renda é a que percorre maiores distâncias no acesso ao comércio, serviços e oportunidades de emprego [4], reforçando assim, que políticas públicas de aproximação entre as pessoas e as diversas atividades se fazem necessárias.

Esse trabalho busca analisar o alcance do sistema de transportes em uma determinada região e seu possível vínculo ao uso do solo, tendo-se como área de estudo o bairro do Rio Comprido (Figura 1), que juntamente com os bairros do Catumbi, Estácio e Cidade Nova integram a III Região Administrativa da cidade do Rio de Janeiro. Essa escolha se deve ao fato de sua localização no limite entre três zonas geográficas do município: a zona Central e as Zonas Sul e Norte. Isso garante

ao bairro um status de importante passagem e ligação entre essas regiões, incluindo o trecho de um dos mais importantes túneis da cidade (o Túnel Rebouças, concluído em 1967), e uma importante via expressa elevada (a avenida Engenheiro Freyssinet, mais conhecida como elevado da Avenida Paulo de Frontin, inaugurada em 1974), ligando de forma rápida as zonas Sul e Norte da cidade [5]. Dado o grau de importância do bairro no contexto histórico carioca e sua proximidade com as principais áreas da cidade, a questão central que conduziu este estudo foi a seguinte: como o bairro do Rio Comprido (RJ) reflete a segregação socioespacial recorrente na cidade do Rio de Janeiro e como se dá esta relação com a acessibilidade ao transporte público e o uso do solo?

Figura 1 – Localização do bairro - Rio Comprido (RJ)



Fonte: ArcGIS, adaptado pelos autores (2022).

Para a análise espacial do sistema de transportes do bairro, foi utilizado o Sistema de Informações Geográficas (SIG) por meio do programa ArcGIS, com ferramentas de

geoprocessamento que garantem uma visão gráfica e estatística da situação estudada, permitindo melhor avaliação do problema e possíveis propostas de melhoria. Além disso, com auxílio da ferramenta *Google My Maps*, informações relacionadas a pontos de ônibus e pontos de interesse e atividades como saúde, educação, lazer, religião, hotelaria, serviço público, comércio e serviços foram incorporadas no *ArcGIS* e inseridas nos seguintes mapas nele gerados: mapa do sistema de transportes coletivos do bairro do Rio Comprido, mapa de densidade dos pontos de ônibus do Rio Comprido, mapa de alcance do sistema pela metodologia IMM (mapa de distância caminhável até a estação de transporte público), mapa da área de influência dos transportes e uso do solo no bairro do Rio Comprido e mapa de assentamentos precários x renda no bairro do Rio Comprido (RJ). A geração dos mapas e metodologias utilizadas encontram-se mais adiante, no item relativo a materiais e métodos.

Assim, o presente artigo tem como objetivo analisar o atendimento do transporte público urbano no bairro do Rio Comprido (RJ) sob a ótica da acessibilidade e da mobilidade sustentável no que tange a relação entre transporte e uso do solo. Foram analisadas as interações existentes entre transporte e uso do solo através das ferramentas de geoprocessamento, onde pode-se verificar a ocorrência de segregação socioespacial a partir da identificação de possíveis áreas não atendidas pelo transporte público.

2. Mobilidade Urbana Sustentável

O conceito da mobilidade urbana está associado à facilidade dos deslocamentos das pessoas na área urbana para usufruir dos inúmeros serviços e oportunidades que a cidade oferece. O Programa das Nações Unidas para Assentamentos Humanos define que a mobilidade urbana é essencial para o desenvolvimento social e econômico, e permite às pessoas acessar serviços, oportunidades de trabalho, atividades

educativas, de relações sociais e desfrutar plenamente da cidade [6].

A mobilidade urbana sustentável incorpora à temática dos transportes a dimensão social e as questões relativas à complexidade das cidades, que vão de encontro à visão tradicional de planejamento de transportes focada no dimensionamento do sistema e nas demandas. De acordo com o *World Business Council for Sustainable Development*, a mobilidade urbana sustentável é:

“(...) a capacidade de atender as necessidades da sociedade em deslocar-se livremente, acessar as atividades e serviços de que necessita, comunicar-se, comercializar e estabelecer relações sem sacrificar outros valores humanos ou ecológicos fundamentais, hoje e futuramente”. [7]

Assim, para alcançar cidades mais sustentáveis, alguns princípios fundamentais devem ser postos em pauta com relação à mobilidade urbana, tais como: diminuir a dependência do uso do automóvel, investir em tecnologia limpa para reduzir a emissão de gases do efeito estufa, facilitar o acesso da população aos meios de transporte público. Este último, que trata da acessibilidade urbana, está diretamente relacionado com o uso e ocupação do solo e a forma como as cidades têm se desenvolvido, o que impacta nas desigualdades de oferta de infraestrutura até mesmo dentro de um bairro e, conseqüentemente, na rotina diária da população.

Neste contexto, a expansão horizontal das cidades está no centro do debate do urbanismo, visto que é insustentável a ampliação e criação de novas redes e serviços ao invés da otimização das existentes [8]. O modelo de cidade mais compacta e de crescimento urbano na proximidade do transporte público é o preconizado pelo conceito de Desenvolvimento Orientado ao Transporte Sustentável (DOTS), cujas estratégias apresentam soluções de mobilidade sustentável integradas ao planejamento e desenho urbano.

Com base nos aspectos abordados anteriormente, entende-se que as cidades planejadas sob a perspectiva do DOTS poderão melhor atender a necessidade de acessibilidade ao sistema de transporte, visto que as distâncias percorridas pelos usuários até os pontos de parada próximos aos locais de origem e destino devem ser caminháveis para facilitar a chegada. Preconiza-se uma distância ideal de 500 metros de deslocamentos para pedestres e ciclistas e uma distância máxima de 1000 metros, de modo a assegurar que o transporte coletivo seja acessível para qualquer moradia da comunidade de forma atrativa e segura, através de sistemas de calçadas e ciclovias adequadamente dispostos [9].

3. Materiais e métodos

Os mapas gerados para as análises são apresentados nos itens 3.1 e 3.2, a seguir, e encontram-se no APÊNDICE A, tendo sido elaborados a partir da manipulação do software *ArcGIS*. Para isso, arquivos vetoriais em formato *shapefile*, que conjugam a representação espacial de entidades com seu banco de dados relacional e são comumente manuseados em ambientes de SIG, foram obtidos através do portal Data.Rio, administrado pelo Instituto Pereira Passos (IPP). Tais arquivos correspondem a informações sobre rede de transportes, arruamentos, limites de bairros e uso do solo. Também foram disponibilizados dados sobre os setores censitários, oriundos do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE). Através da ferramenta *ArcCatalog* foram verificados os sistemas de coordenadas de cada arquivo e através do *ArcToolBox* foi feita a compatibilização entre os seus *data*, de forma que todos fossem reprojatados (quando necessário) para o sistema geodésico oficial do Brasil, o SIRGAS 2000.

Posteriormente, com o auxílio da ferramenta *Google MyMaps*, foram adquiridas informações posicionais dos pontos de ônibus, bem como dos pontos de interesse do bairro do Rio Comprido, que foram carregadas no *ArcGIS* e transformadas

para o formato *shapefile* para a confecção dos mapas. Dessa forma, todas as informações foram combinadas em um sistema de coordenadas comum, a fim de garantir a precisão da sobreposição e a validade da análise, de modo que os resultados encontrados possibilitaram o confronto dos temas de uso do solo e transporte coletivo.

3.1 Mapas da Rede de Transportes

A partir dos dados do arruamento, pontos de ônibus, linhas e estações de metrô do entorno, foi construído o mapa de transportes do bairro do Rio Comprido, como ilustra a Figura 2 presente no APÊNDICE A.

Através de ferramentas de análise espacial do menu *Spatial Analyst*, do *ArcToolBox*, confeccionou-se um mapa de densidade de Kernel para a análise da localização das maiores concentrações de pontos de ônibus do bairro, ilustrado pela Figura 3 no APÊNDICE A. Verifica-se que os *hotspots* (alta concentração) do sistema ficam na parte central do bairro, que é cortada pela Avenida Paulo de Frontin, sendo essa a principal via trafegada por ônibus do Rio Comprido.

A partir das informações, pesquisou-se os parâmetros para se definir o alcance de cada estação ou parada da rede no bairro. De acordo com o Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento (ITDP, da sigla em inglês), a distância máxima caminhável até uma estação de transportes de alta capacidade (como o metrô e os trens) é de 1000 metros, enquanto este valor para uma parada de ônibus corresponde a 400 metros [10]. Tadi e Bugonovich utilizam a metodologia IMM (*Integrated Modification Methodology*), que se utiliza de faixas de distância (*buffer*) para materializar a distância caminhável até as diferentes estações de transporte [11]. Essa técnica, também conhecida como faixa-tampão, é uma das mais importantes em SIG e retorna uma entidade geométrica que define todos os pontos abrangidos a partir de uma determinada distância da feição de origem [12]. Sendo assim, foram criados buffers a partir do menu de geoprocessamento do

ArcGIS, de 1000 metros para as estações de metrô e de 400 metros para os pontos de ônibus, produzindo-se então o mapa da Figura 4, APÊNDICE A, que define o alcance dos sistemas.

A análise por faixas de distância não considera a rede viária, mascarando a área de influência desejada, sendo necessário utilizar uma ferramenta mais específica para a sua delimitação. Fez-se então uma análise de redes, construindo-se isócronas para traçar esse limite da influência do sistema de transporte. As isócronas representam o tempo de caminhada de um determinado ponto da rede até um ponto da rede de referência analisada, neste caso a rede de transportes. Para tal, utilizou-se a extensão *Network Analyst*, através da ferramenta de áreas de serviço (*Service Areas*). Para o sistema metroviário, como o alcance é de 1000 metros, o tempo de caminhada aproximado é de 10 minutos. Então criou-se isócronas de 5 e 10 minutos. Para o sistema de ônibus, como a área de influência é de 400 metros, o tempo de caminhada aproximado é de 5 minutos, criando-se isócronas de 2,5 e 5 minutos. O resultado da análise está na Figura 5, APÊNDICE A. Verifica-se que o metrô atende diretamente apenas a parte norte e noroeste do bairro, sendo o restante totalmente dependente do sistema de ônibus.

3.2 Mapa de Interação dos Transportes com o Uso do Solo

Para analisar a interação dos transportes com o uso do solo utilizou-se os pontos de interesse coletados pelo *Google MyMaps*. Tais pontos consistem em estabelecimentos notáveis relacionados à saúde, educação, lazer, religião, hospedagem, serviço público, comércio e serviços. Essas informações foram incorporadas no *ArcGIS*, e inseridas no mapa da Figura 5, APÊNDICE A, como forma de confrontar os temas de uso do solo e transporte coletivo. A Figura 6, APÊNDICE A, mostra a sobreposição dessas duas categorias.

Observa-se que a grande maioria das atividades (94,88%) se encontra dentro da área de influência do transporte público,

mostrando a interdependência entre as duas classes. Ampliando essa análise, é possível verificar ainda que as funções estão majoritariamente dentro da área das isócronas de 2,5 minutos, mostrando que elas se concentram nas vias trafegadas por ônibus e suas proximidades diretas.

3.3 Mapa de assentamentos precários x renda

O mapa da Figura 7, APÊNDICE A, foi gerado pela sobreposição dos assentamentos precários identificados em imagens de satélite de 2017 por meio de fotointerpretação (Portal Data.Rio) com a caracterização de renda dos setores censitários do Censo Demográfico de 2010 do IBGE. É possível verificar no mapa as áreas correspondentes as seguintes comunidades presentes no bairro do Rio Comprido (RJ): Complexo Vila Santa Alexandrina (Paula Ramos, Santa Alexandrina, Parque Rebouças, Vila Santa Alexandrina), Complexo do Turano (Matinha, Pantanal, Bispo, Rodo, Sumaré e Morro da Liberdade), Complexo Vila Anchieta (Vila Anchieta, Vila Elza), Complexo São Carlos (Azevedo Lima, Comunidade Clara Nunes e Morro Santo Rodrigues), Complexo Unidos de Santa Tereza (Favela Unidos de Santa Tereza) e Estrada Joaquim Mamede, comunidade isolada.

Os dados apontam que os assentamentos precários do Rio Comprido (RJ) são ocupados pelas camadas de menor renda da sociedade e desassistidos pelo sistema de transporte coletivo.

4. Análise e discussão

A relação intrínseca entre transportes, uso do solo e renda da população remonta a história do bairro do Rio Comprido e pode ser verificada em muitos bairros da cidade do Rio de Janeiro. A expansão da cidade do Rio de Janeiro além do perímetro da área central compreendido entre os quatro morros – de São Januario (Castello), São Bento, Conceição e Santo Antônio teve como um dos principais marcos a implantação do transporte coletivo. O Rio Comprido, inserido na sua

maior parte na antiga Freguesia do Espírito Santo, teve seu nome oficializado em 1875 pela Câmara Municipal e evoluiu juntamente com os transportes públicos da época, a exemplo do bonde, que também chegou ao bairro em fins do século XIX (Figura 8) [5]. O crescimento populacional registrado na Freguesia do Espírito Santo entre 1870 e 1930 foi influenciado pela abolição da escravidão em 1888 e dentro deste contexto iniciou-se a ocupação das encostas da região, acentuada posteriormente pelas melhorias urbanísticas advindas da gestão do prefeito Paulo de Frontin (1919), período em que o bairro passou por um processo de valorização, o que promoveu o deslocamento da população de baixa renda da área central formal e infraestruturada para áreas de encosta da vertente norte do Maciço da Tijuca [13].

Figura 8 – Bonde 47, que passava pela Rua Santa Alexandrina no bairro do Rio Comprido.



Fonte: Martins [5]

A perpetuação da segregação espacial dos mais pobres nos bairros, a exemplo do bairro do Rio Comprido, se dá por diversos fatores, como a especulação imobiliária proveniente da valorização do solo nas áreas de maior acessibilidade e a política habitacional vigente que realoca a população em áreas desprovidas de infraestrutura e transportes. Consequentemente, verifica-se a periferação da população de baixa renda, que encontra como solução ocupar áreas inapropriadas de encostas e margens de rios.

É sabido que a distribuição espacial das redes de transporte e serviços para atender a toda a população de um bairro ou cidade é

fator determinante para inclusão social de todos os cidadãos. Segundo a ONU-Habitat, a desigualdade entre os distintos grupos sociais se reflete igualmente na capacidade para deslocar-se de um lugar a outro. As limitações quanto à mobilidade impõem obstáculos e promovem a segregação espacial, principalmente aos indivíduos de baixa renda, uma vez que minimiza as possibilidades da população de melhorar a qualidade de vida devido aos problemas de acesso a trabalho, estudo, atividades de lazer e cultura [6]. Estudos e pesquisas realizados nas principais metrópoles brasileiras concluíram que a privação e inadequação dos sistemas de transporte público reforçam o fenômeno da desigualdade de oportunidades e promovem a segregação socioespacial dos mais pobres [14].

Conforme pode ser observado nos mapas das Figuras 3, 5 e 7 do APÊNDICE A, o sistema de transporte público do bairro do Rio Comprido não atende a toda a população, predominantemente a de baixa renda. Nesse contexto, as iniciativas promovidas pelos gestores devem ser pensadas de forma integrada, numa gestão que vincule a política de mobilidade urbana sustentável com o uso do solo. Sendo assim, cabe ao poder público, em especial a Prefeitura Municipal, pensar em intervenções que conectem as comunidades ao bairro como um todo e melhorem as condições de vida da população, dando maior acesso ao emprego, educação, lazer, dentre outras atividades fundamentais para uma vida digna.

É necessário que as propostas promovam desenvolvimento urbano juntamente com desenvolvimento econômico, social e respeito ao meio ambiente. Além de pensar em soluções de transportes propriamente dito, tais como investimentos na melhoria do sistema, devem ser pensadas soluções que fomentem o desenvolvimento local a fim de minimizar os deslocamentos da população para acessar serviços básicos. Neste sentido, pode-se citar a abertura de estabelecimentos comerciais ou de serviços através do incentivo ao empreendedorismo, além de uma

maior disponibilidade de serviços públicos no interior das comunidades.

Com relação a rede de transportes, identifica-se a necessidade de criação de linhas de ônibus que façam a ligação de todo o bairro, bem como outros tipos de intervenções, a exemplo da construção de ciclovias ou ciclofaixas e a implantação de bicicletários ou paraciclos, valorizando esse modo de transporte. Além disso, o incentivo ao transporte alternativo regular também contribuiria para o incremento da rede e da acessibilidade da população aos equipamentos urbanos, além de gerar emprego para os moradores locais.

5. Considerações finais

A mobilidade urbana sustentável é um desafio nas cidades brasileiras, uma vez que envolve problemas multidimensionais, desde acessibilidade a rede de transporte, planejamento urbano, inclusão socioespacial, infraestrutura, segurança. No presente trabalho foi identificada a relevância da inter-relação entre eficiência do sistema de transporte, uso do solo funcional e renda da população.

Nas áreas do bairro do Rio Comprido (RJ) onde o sistema de transporte é efetivo, a população possui renda mais alta, além de possuir um grande leque de atividades à sua disposição. Nos trechos não abrangidos pela rede de transportes, prevalece a ocupação de comunidades de baixa renda, onde se identifica escassez de funções e menor acesso a serviços públicos. Nestes últimos locais problemas são intensificados pelas condições topográficas desfavoráveis, além da precária infraestrutura viária existente. Assim, essas áreas acabam não sendo devidamente integradas ao espaço urbano, contribuindo para que haja condições sociais inadequadas.

Iniciativas que promovam melhorias na integração do sistema de transporte público, bem como políticas públicas de cunho social para desenvolvimento local, são fundamentais para melhorar os problemas de mobilidade do bairro, promover a integração do espaço

urbano e garantir um modo de vida mais apropriado para seus habitantes. Desta forma, faz-se necessária a atuação do poder público para analisar e dirimir problemas, atuando de modo a garantir a igualdade de direitos prevista na Constituição.

6. Referências

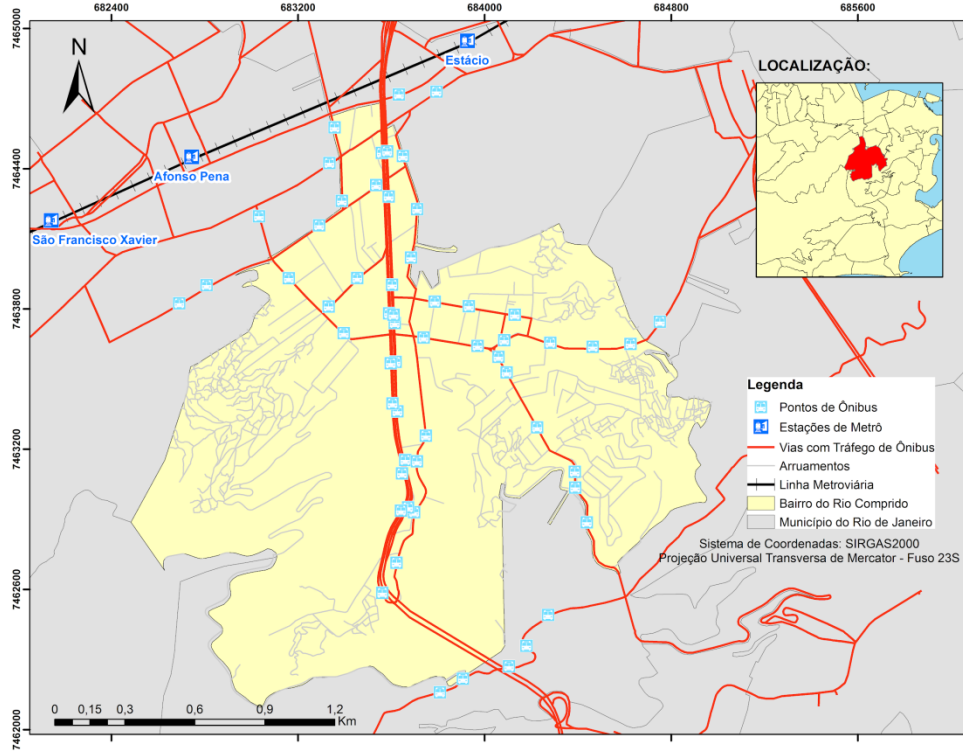
- [1] MOURA, I. B.; LEMOS, M. F. C.; LENTINO, I. K. *Análise de Indicadores Espaciais Associados ao BRT TransOeste Visando à Mobilidade e o Desenvolvimento Urbano Sustentáveis*. In: XXIX Congresso Nacional de Pesquisa em Transporte da ANPET, Ouro Preto - MG, 9 - 13 de novembro de. p. 2719 – 2729, 2015.
- [2] FERRAZ, A.C.C.P. e TORRES, I.G.E. *Transporte Público Urbano (2ª ed.)* Rima, São Carlos, 2004.
- [3] CASTRO, I. R.; SIQUEIRA, M. F.; BRAGA, C. K. V.; LOUREIRO, C. F. G.; PEQUENO, L. R. B. *Acesso às oportunidades na cidade informal: caracterizando o papel da acessibilidade sobre o ambiente construído e a mobilidade em assentamentos precários de fortaleza*. In: Anais do Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2022, Fortaleza. Anais eletrônicos. Campinas, Galoá, 2022. Disponível em: <https://proceedings.science/anpet2022/trabalhos/acesso-as-oportunidades-na-cidade-informal-caracterizando-o-papel-da-acessibilid?lang=pt-br> Acesso em: 11 jan. 2023.
- [4] TOBIAS, M. S. G.; LOBÃO, V. C.; LOBO, M. A. A. *Segregação socioespacial e indicadores de mobilidade urbana: o caso de Belém-PA*. Disponível em: <https://www.dec.uc.pt/pluris2018/Paper1248>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- [5] MARTINS, S. B. M. *Além das muretas do Elevado Paulo de Frontin*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Urbana e Ambiental) – Pontifícia

- Universidade Católica do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 183 f. 2015.
- [6] ONU-HABITAT. *Programa de las naciones unidas para los asentamientos humanos*. Estado de las ciudades de América Latina y el caribe 2012. Rio de Janeiro, 2012.
- [7] WBCSD. World Business Council for Sustainable Development. *Mobilidade 2001. Uma Visão Global*. 2001. Disponível em: http://docs.wbcsd.org/2001/12/PT-Mobility2001_Overview.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023
- [8] ACIOLY JR., C. e DAVIDSON, F. *Densidade Urbana: um Instrumento de Planejamento e Gestão Urbana*. Rio de Janeiro, 1998.
- [9] EMBARQ BRASIL. *Manual de desenvolvimento urbano orientado ao transporte sustentável*. Dots Cidades (2a). Disponível em: <https://wricidades.org/sites/default/files/DOTS%20Cidades.pdf>. Acesso em: 14 jan. 2023.
- [10] ITDP. Instituto de Políticas de Transporte e Desenvolvimento. *Índice de Caminhabilidade - Ferramenta - Versão 2.0*. ITDP, Rio de Janeiro, 2018.
- [11] TADI, M. e BOGUNOVICK, D. *New Lynn. Auckland IMM case study - Low-density urban morphology and energy performance optimisation - A new pilot project in Auckland using Integrated Modification Methodology (IMM)*. Politecnico di Milano, 2015.
- [12] LONGLEY, P.A.; GOODCHILD, M.F. e MAGUIRE, D.J.; RHIND, D.W. *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica* (3a ed.). Bookman, Porto Alegre, 2013.
- [13] LACERDA, A.; FONTENELLE, D.; DE OLIVEIRA, H. M.; SILVA JUNIOR, H.; MORAES, V.; RODRIGUES, R. *Rio Comprido em seus aspectos históricos e geográficos: possibilidades. Interagir: pensando a extensão*. v. 23, p. 88–105, 2017.
- [14] GOMIDE, A.A. *Mobilidade Urbana, iniquidade e políticas sociais*. In: Políticas sociais – acompanhamento e análise, n. 12, p. 242 – 250. IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada, 2006. Disponível em: https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/6116888/mod_resource/content/1/GOMIDE%20A_Mobildade%20Urbana%20e%20Iniquidade%20e%20Políticas%20Sociais.pdf. Acesso em: 17 jan. 2023.

7. Apêndice

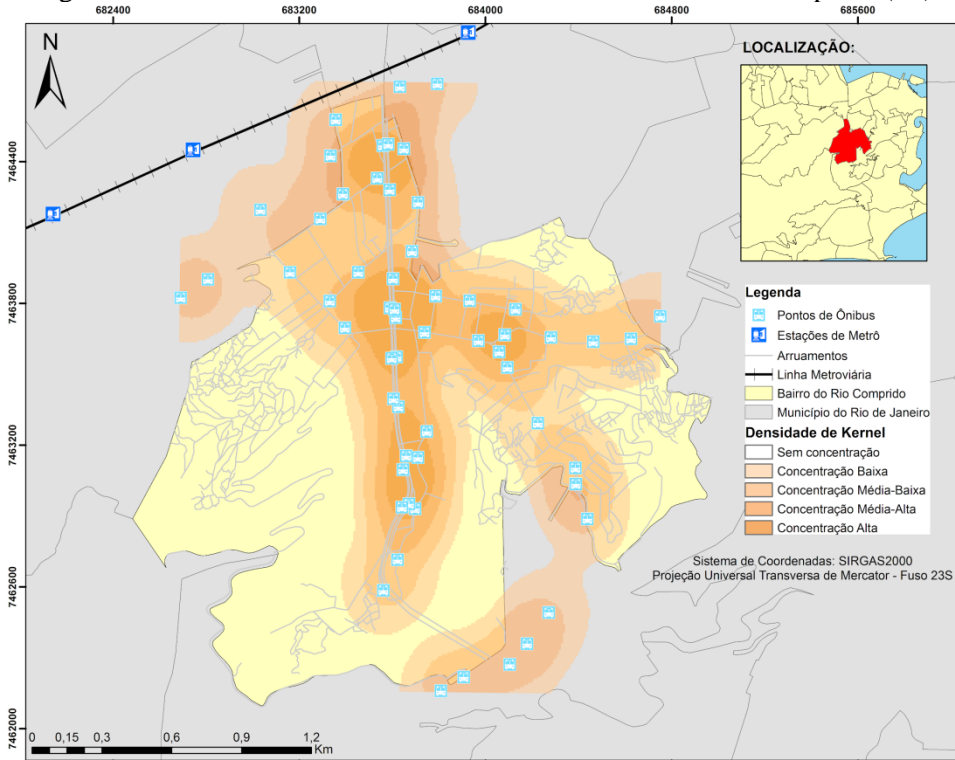
APÊNDICE A

Figura 2 – Sistema de Transportes Coletivos do bairro do Rio Comprido (RJ).



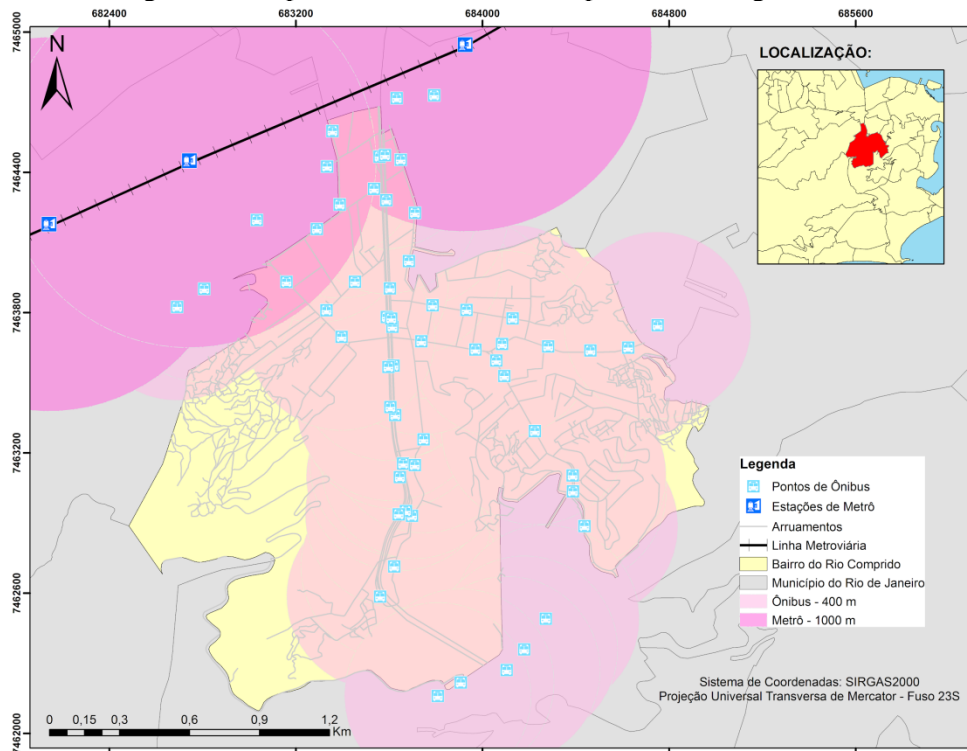
Fonte: Autores (2022).

Figura 3 – Densidade dos Pontos de Ônibus do bairro do Rio Comprido (RJ).



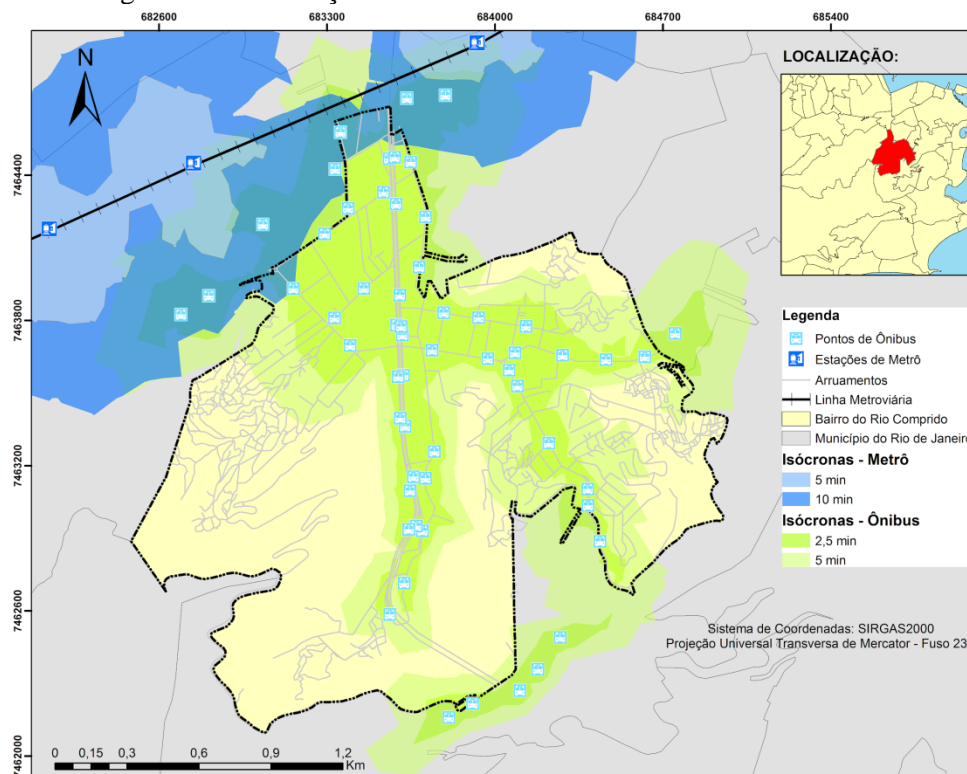
Fonte: Autores (2022).

Figura 4 – Mapa do alcance do sistema pela metodologia IMM.



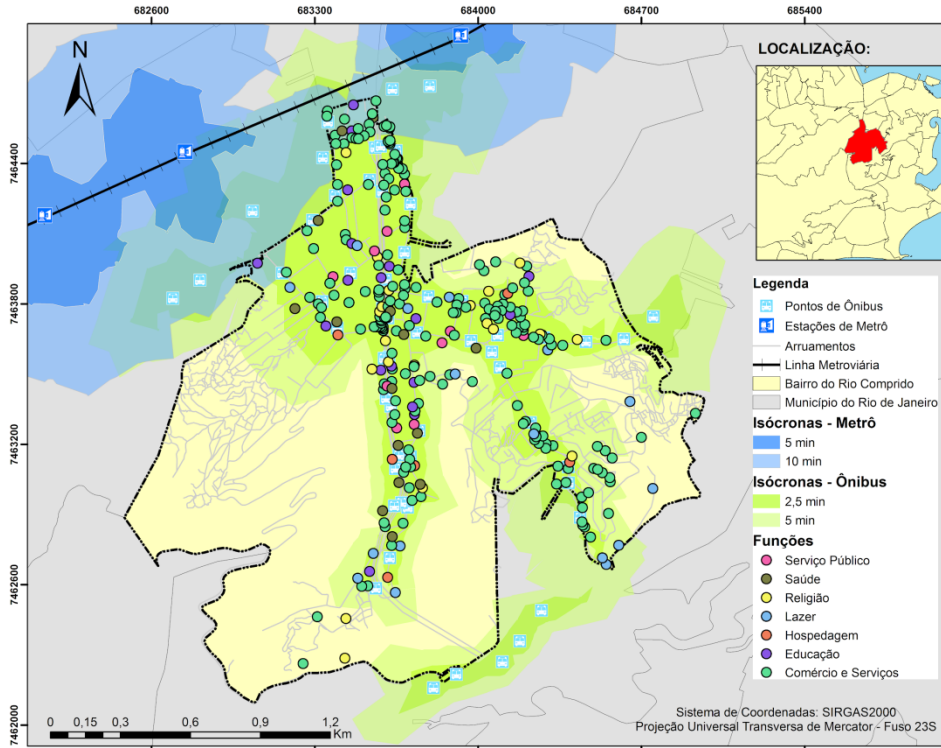
Fonte: Autores (2022).

Figura 5 – Delimitação da área de influência com o uso de isócronas.



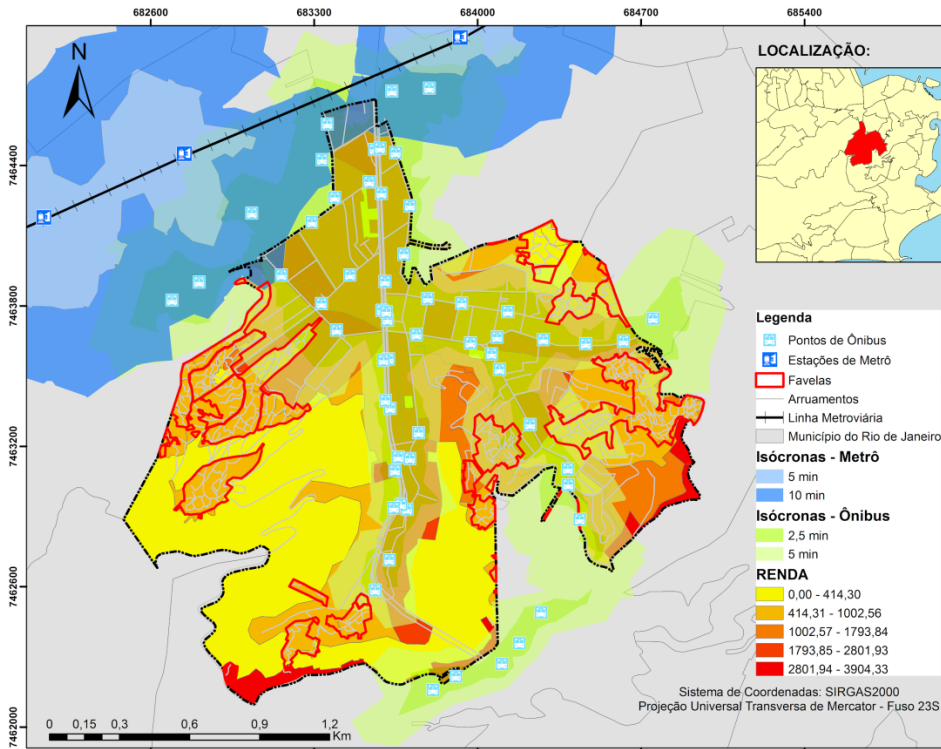
Fonte: Autores (2022).

Figura 6 – Área de influência dos transportes e uso do solo no bairro do Rio Comprido (RJ).



Fonte: Autores (2022).

Figura 7 – Mapa de assentamentos precários x renda no bairro do Rio Comprido (RJ).



Fonte: Autores (2022).



Perfil dos trabalhadores acidentados da construção civil: Estudo de caso em hospital de Belo Horizonte/MG

RODRIGUES, Josilane Alves¹; ALVES, Lorena Lehmann²; OLIVEIRA, Letícia Efrem Natividade³; FERREIRA, Roberta de Amorim⁴.

¹josialves17@gmail.com; ²lorenalehmanna@gmail.com; ³leticia.oliveira@ifmg.edu.br;

⁴roberta.amorim@ifmg.edu.br

^{1,2} Engenheira Civil, Pós-graduanda em Engenharia de Segurança do Trabalho, IFMG, Governador Valadares/MG

³ Engenheira Civil, Engenheira de Segurança do Trabalho, Mestre em Gestão Integrada do Território, IFMG, Governador Valadares/MG

⁴ Matemática, Mestre em Estatística Aplicada e Biometria, Doutora em Estatística Aplicada e Biometria, IFMG, Governador Valadares/MG

Informações do Artigo

Palavras-chave:
Acidentes de trabalho
Diagrama de Pareto
Estatística descritiva

Resumo:

A construção civil tem um grande papel na economia nacional, sendo um dos setores impulsionadores na geração de empregos no país. Todavia, traz consigo uma fração notável de acidentes e doenças ocupacionais visto que as atividades deste ramo se encontram sujeitas a riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e mecânicos. Este estudo tem como objetivo traçar o perfil dos trabalhadores da construção civil, que sofreram acidentes de trabalho registrados em um hospital em Belo Horizonte/MG, entre 2018 e 2021. Para o desenvolvimento da pesquisa foram coletados e analisados dados do Sistema de Informação de Agravos e Notificação, da Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte, através da estatística descritiva. Dos 1.539 acidentes laborais registrados no hospital, 230 pertenciam ao setor da construção civil. Os trabalhadores acidentados eram, majoritariamente, homens, entre 39 e 45 anos, com ensino fundamental completo e de cor parda. Tratavam-se, predominantemente, de serventes de obras, que trabalhavam sob o regime da Consolidação das Leis do Trabalho. Os eventos foram, predominantemente, acidentes típicos. Em sua maioria, os eventos ocasionaram danos aos membros superiores e incapacidade temporária. O estudo, pode auxiliar na adoção de medidas preventivas mais assertivas nos canteiros de obras, a fim de torná-los mais seguros aos trabalhadores.

Abstract

Civil construction has a great role in the national economy, being one of the driving sectors in the generation of jobs in the country. However, it brings with it a notable fraction of accidents and occupational diseases since the activities of this branch are subject to physical, chemical, biological, ergonomic and mechanical risks. This study aims to outline the profile of civil construction workers who suffered accidents at work registered in a hospital in Belo Horizonte/MG, between 2018 and 2021. For the development of the research, data from the Disease Information System were collected and analyzed. and Notification, from the Municipal Health Department of Belo Horizonte, through descriptive statistics. Of the 1,539 occupational accidents registered at the hospital,

230 belonged to the civil construction sector. The injured workers were mostly men, between 39 and 45 years old, with complete primary education and of mixed race. They were, predominantly, construction workers, who worked under the Consolidation of Labor Laws regime. The events were predominantly typical accidents. Most of the events caused damage to the upper limbs and temporary disability. The study can help in the adoption of more assertive preventive measures in construction sites, in order to make them safer for workers.

1. Introdução

A construção civil representa um setor em ascensão no Brasil, sendo um importante impulsionador da economia do país. Conforme os dados apresentados pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) [1], através da Pesquisa Anual da Indústria da Construção, em 2019 a construção civil movimentou R\$ 288 bilhões, dos quais R\$127,3 bilhões, R\$67,9 bilhões e R\$92,8 bilhões foram convertidos na construção de edifícios, em serviços especializados e em infraestrutura, respectivamente.

Nesta perspectiva, segundo dados da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) [2], no ano de 2020 houve um aumento de 6,4% no número de trabalhadores do setor com carteira assinada em relação ao ano de 2019, totalizando 2,305 milhões de profissionais registrados em outubro daquele ano. Ainda segundo a CBIC [2], no terceiro trimestre de 2020, com a retomada da economia no país, o setor da construção civil indicou a maior alta de profissionais registrados dos últimos seis anos. Considerando esse contexto, conforme apontado por Takahashi *et al.* [3], a construção civil apresenta-se como um dos setores com maior número de absorção de mão de obra.

Embora seja um setor importante na geração de empregos e renda, a construção civil também se destaca por concentrar uma fração considerável do número de acidentes de trabalho e de doenças ocupacionais, uma vez que os profissionais que atuam neste setor encontram-se sujeitos, diariamente, a riscos

físicos, químicos, biológicos, ergonômicos e de acidentes [4]. Moterle [5] afirma que é necessária a adoção de medidas preventivas que visem a conscientização de trabalhadores e empregadores e que estimulem a adoção de normas e metodologias relacionadas à proteção do trabalhador, uma vez que o Brasil é um dos países com os maiores números de acidentes de trabalho no setor da construção civil.

Segundo Brasil [6], com base nos dados disponibilizados pela Organização Internacional do Trabalho (OIT), estima-se que considerando todos os setores de trabalho, a cada 15 segundos um trabalhador vai a óbito em virtude de acidentes ou doenças ocupacionais e que, anualmente, cerca de 321 mil pessoas são vítimas fatais de acidentes de trabalho em todo o mundo. De acordo com a OIT [7], cerca de 30% desses dados relacionam-se ao setor da construção civil. Em virtude das condições extremas a que os trabalhadores deste setor estão sujeitos, tem-se que a possibilidade de o mesmo apresentar vítimas fatais em acidentes de trabalho é de três a seis vezes maior do que aquela referente a outros setores da indústria [8].

No Brasil, o Observatório de Segurança e Saúde do Trabalho (OSST), banco de dados que reúne informações acerca das notificações de acidentes de trabalho, registrou no ano de 2021 aproximadamente 571,8 mil acidentes de trabalho, dos quais 23.563 referiram-se ao setor da construção civil [9]. O estado de Minas Gerais ocupa o segundo lugar em relação ao número de acidentes de trabalho registrados por tal setor em todo o país, com 2.815 eventos

registrados, atrás apenas do estado de São Paulo, que apresentou 6.063 acidentes [9].

Ainda conforme os dados do OSST [9], o município de Belo Horizonte registrou, em 2021, aproximadamente 9,9 mil acidentes de trabalho, assumindo o primeiro lugar do estado e o terceiro lugar no país no que diz respeito ao *ranking* dos municípios com mais registros de tais eventos. De todos os registros realizados na capital do estado de Minas Gerais, cerca de 1.610 referem-se a atividades do setor da construção civil.

Nesta perspectiva, o presente estudo tem como objetivo determinar o perfil dos trabalhadores da construção civil, que sofreram acidentes de trabalho e foram atendidos em um hospital no município de Belo Horizonte, Minas Gerais, entre 2018 e 2021, através da análise das notificações do Sistema de Informação de Agravos de Notificação.

2. Referencial teórico

2.1 Acidentes de trabalho

O termo “acidente de trabalho” é definido pela OIT [10] como toda ocorrência inesperada e circunstancial, incluindo atos de violência, oriunda das atividades ocupacionais ou a elas relacionadas, que apresenta como consequência a lesão corporal, a doença ou o óbito de um ou vários trabalhadores. No Brasil, o artigo 19 da Lei nº 8.213, de 24 de julho de 1991, determina que acidente de trabalho é aquele que ocorre nas atividades de trabalho desenvolvidas a serviço da empresa ou de empregador doméstico, ou ainda, a serviço de segurados especiais, ocasionando lesão corporal ou perturbação funcional que provoque a morte ou a perda ou redução, temporária ou permanente, da aptidão para o trabalho [11].

Conforme Brasil [12], o acidente de trabalho é tido como evento súbito ocorrido no desempenho da atividade laboral, independente do vínculo empregatício do funcionário acidentado, e que ocasiona dano potencial ou instantâneo à saúde, provocando

lesão no corpo ou distúrbio funcional que cause, direta ou indiretamente, a morte, a perda ou a redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho. Ainda segundo o autor, os acidentes de trabalho abrangem aqueles eventos ocorridos em qualquer circunstância em que o trabalhador esteja representando os interesses da empresa ou atuando em defesa de seu patrimônio.

A OIT [10] descreve que os acidentes de trabalho se dividem em: acidentes típicos, acidentes de trajeto e doenças do trabalho. Ainda segundo a OIT, os acidentes típicos são definidos como os eventos inesperados oriundos do exercício da atividade profissional e, ocorridos no ambiente ocupacional. Já os acidentes de trajeto são aqueles ocorridos no trajeto realizado pelo trabalhador do local de trabalho até a sua residência, ou vice-versa. Por fim, as doenças do trabalho são definidas como doenças originadas do exercício da atividade ocupacional, considerando-se as doenças incapacitantes e as mentais [10,13].

Em relação à classificação, os acidentes de trabalho dividem-se, ainda, em acidentes com Comunicação de Acidente de Trabalho (CAT) registrada e acidentes sem CAT registrada. Os primeiros referem-se àqueles que possuem a CAT registrada junto ao Instituto Nacional do Seguro Social (INSS), a fim de garantir que o trabalhador tenha seus direitos assegurados, além de auxiliar nas estatísticas oficiais de acidentes de trabalho. Os acidentes sem CAT registrada, por sua vez, dizem respeito àqueles eventos que não foram informados ao INSS [14].

2.2 Acidentes de trabalho na construção civil

Em consonância com os dados expostos pelo OSST [9], dos 23.563 acidentes de trabalho ocorridos no setor da construção civil no Brasil, no ano de 2021, 8.910 relacionaram-se à construção de edifícios, que apresentou o maior número de eventos, seguido do setor de obras para geração e distribuição de energia elétrica e para

telecomunicações, com 3.152 registros, e do setor de incorporação de empreendimentos imobiliários, com 3.139 eventos registrados em todo o país.

Com base nos estudos de Barbosa Filho [15], os acidentes e lesões graves ou fatais verificados na indústria da construção civil relacionam-se na maior parte, às seguintes ocorrências: queda de altura, soterramento, choque elétrico e choque ou impacto mecânico. Tais eventos são ocasionados devido, principalmente, ao cunho provisório dos ambientes ocupacionais como os canteiros de obras, à ausência de fiscalização das normativas relativas à segurança e saúde do trabalhador nos locais de trabalho, ao elevado rotativismo dos trabalhadores e ao uso constante de mão de obra terceirizada [16].

Associado a esse cenário, tem-se que a construção civil é um setor que demanda a realização de trabalho físico, além da execução de atividades perigosas e desgastantes [17,18]. Ainda conforme estes autores, os profissionais relacionados a tal setor utilizam, diariamente, equipamentos e ferramentas perfurocortantes, veículos pesados, além de submeterem-se, muitas vezes, a posturas antiergonômicas.

2.3 Diagrama de Pareto

O diagrama de Pareto é uma representação gráfica utilizada para identificar e classificar as origens e causas dos problemas por ordem de prioridade [19]. O diagrama é fundamentado no Princípio de Pareto, que se baseia no pressuposto que 20% das causas dão origem a 80% dos efeitos [20].

Vieira [21] afirma que o funcionamento do diagrama de Pareto é dado através da definição de prioridades, ou seja, apresenta a ordem adequada para a solução dos problemas. Conforme o apresentado por Werkema [22], o diagrama trata-se de um gráfico de barras verticais que permite determinar o local do maior número de ocorrências, favorecendo assim a tomada de decisões que visem a solução dos problemas.

2.4 Trabalhos relacionados

Apesar de tratar-se de um dos setores de destaque entre os mais produtivos e de maior absorção de mão de obra, a construção civil ainda peca pelas condições de trabalho. Momoli, Trindade e Rodrigues-Junior [23] destacam que a indústria da construção civil é uma das áreas que representa um dos cenários laborais mais precários no Brasil, tanto no que diz respeito à forma de trabalho quanto ao modo de fiscalização.

Os autores supracitados constataram que os trabalhadores com idades entre 18 e 27 anos foram os mais acometidos por acidentes laborais no estado de Santa Catarina, entre 2008 e 2015. Além disso, também foi observado que gesseiros e pintores do sexo masculino, que possuíam entre 15 e 17 anos, sofreram, principalmente, acidentes graves. Já os trabalhadores entre 58 e 67 anos, serventes e mulheres, e aqueles com idade entre 68 e 78 anos sofreram, majoritariamente, acidentes fatais e acidentes leves [23].

A análise de 6.122 prontuários hospitalares em um hospital de Ribeirão Preto/SP, realizada por Silveira *et al.* [24] no período de dois anos consecutivos, constatou que 24,27% dos acidentes de trabalho identificados eram referentes a atividades da construção civil: destes, 55,2% envolveram pedreiros e seus auxiliares; 17,2% acometeram serralheiros, marceneiros, dentre outros; 7,5% relacionaram-se a pintores; e 20,1% atingiram outros trabalhadores do setor.

O estudo desenvolvido por Rocha, Salvagni e Nodari [25] propôs a investigação de questões relacionadas à segurança do trabalho e ao nível de escolaridade dos trabalhadores da construção civil, evidenciando, dessa maneira, que este último representa um obstáculo para o treinamento e aperfeiçoamento dos profissionais do setor. Os autores ainda destacaram a importância do desenvolvimento de novas metodologias para mitigar o número de acidentes envolvendo tais trabalhadores.

Magalhães [26] desenvolveu um estudo quali-quantitativo e traçou o perfil dos trabalhadores da construção civil envolvidos em acidentes graves ocorridos no município de Uberlândia, em Minas Gerais, entre os anos de 2013 e 2015. O referido autor observou a relação entre a incidência de acidentes laborais e o nível de escolaridade dos profissionais, e destacou a necessidade do desenvolvimento de políticas que visassem atenuar o número de acidentes de trabalho no setor da construção civil.

Já a pesquisa proposta por Bufon e Anschau [27], realizada na cidade de Chapecó, em Santa Catarina, ressaltou que operários da construção civil daquela cidade apresentavam faixa etária variada, sendo que 57,83% dos mesmos possuíam mais de 34 anos de idade e taxa de analfabetismo de 22,89%.

3. Metodologia

No que diz respeito à natureza, o estudo proposto consiste em uma pesquisa aplicada. Quanto à abordagem, é classificado como uma pesquisa quali-quantitativa. Quanto aos objetivos, a pesquisa é caracterizada como descritiva. Por fim, no que tange ao procedimento, trata-se de um estudo de caso, documental de caráter transversal.

Por se tratar de uma pesquisa que envolve seres humanos, o estudo foi submetido e aprovado pelo Comitê de Ética e Pesquisa (CEP) sob o parecer nº. 5.686.936. Após a aprovação do projeto pelo CEP, iniciou-se a coleta de dados no hospital referência em parceria com a Secretaria Municipal de Saúde de Belo Horizonte (SMSA-BH). Os dados foram coletados através do Sistema de Informação de Agravos de Notificação (SINAN), que se refere a um banco de dados alimentado pelas notificações e verificações de ocorrências de doenças e acidentes que se encontram na lista nacional de doenças de notificação compulsória.

Foram filtrados os acidentes laborais com CAT registrada, atendidos no hospital referência entre os anos de 2018 e 2021. O

hospital modelo foi escolhido por tratar-se de uma instituição pública que realiza atendimentos de urgência e emergência de alta complexidade. O recorte temporal, por sua vez, foi definido considerando-se o período de dois anos anteriores à pandemia da Covid-19 e também o período de dois anos referentes à mesma, o que possibilitou a análise de possíveis diferenças nos dados registrados.

As variáveis coletadas e analisadas encontram-se descritas no Quadro 1, juntamente com o seu respectivo modo de apresentação.

Quadro 1 – Quadro de variáveis observadas

Variável	Apresentação
Ocupação	Campo aberto
Sexo	Feminino
	Masculino
Escolaridade	Analfabeto
	Ensino fundamental incompleto
	Ensino fundamental completo
	Ensino médio incompleto
	Ensino médio completo
	Ensino superior incompleto Ensino superior completo
Raça	Branca
	Preta
	Parda
Situação no mercado de trabalho	CLT
	Empregado não registrado
	Servidor público
Evolução do caso	Incapacidade temporária
	Incapacidade parcial permanente
	Incapacidade total permanente
	Óbito por acidente de trabalho grave
Tipo de acidente	Típico
	Trajeto
Parte do corpo atingida	Membros superiores
	Membros inferiores
	Todo o corpo
	Outro

Fonte: Autoria própria.

As variáveis descritas no Quadro 1 foram exportadas em planilhas do *software Microsoft Office Excel^(R) 2016 (MS-Excel)* para possibilitar a criação de uma base de dados para o presente estudo. Totalizou-se 230 registros referentes aos acidentes laborais na construção civil, no hospital referência, entre os anos de 2018 e 2021.

Em razão do elevado número de ocupações identificadas nos registros analisados, optou-se pela utilização do diagrama de Pareto, visando facilitar a visualização e identificação das ocupações mais significativas em relação aos acidentes de trabalho sofridos.

Os dados foram analisados através do *software MS-Excel*, permitindo a identificação das variáveis, bem como suas alterações ao longo do período de estudo.

4. Resultados e discussão

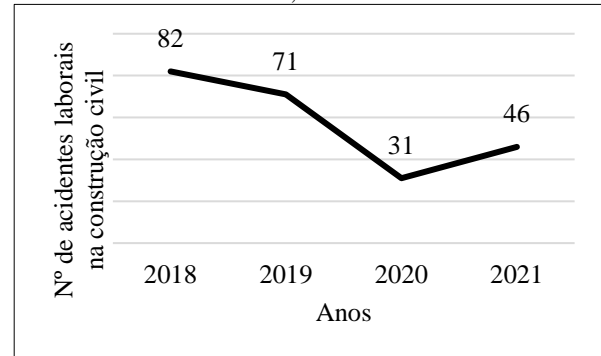
4.1 Notificações de acidentes

Durante intervalo de estudo proposto, o hospital referência atendeu 307.946 pessoas em suas instalações e, com base nos dados coletados através da SMSA-BH, 1.539 (0,50%) foram referentes a acidentes laborais com CAT registrada. Destes, 230 referem-se ao setor da construção civil, o que corresponde a 14,94% do número total de acidentes de trabalho atendidos no hospital de referência entre os anos de 2018 e 2021. O gráfico do número total de acidentes ocorridos por ano, no recorte temporal analisado, é apresentado na Figura 1.

Através da análise da Figura 1, observa-se uma redução do número de acidentes laborais no setor da construção civil até o ano de 2020. Em 2021, esse número retomou o crescimento sem, contudo, atingir os valores registrados em 2018 e 2019. No ano de 2019, pode-se observar uma redução de 13,41% no número total de acidentes em relação ao ano de 2018. Já entre os anos de 2019 e 2020, a redução do número de acidentes passa a ser de 56,34%. Por fim, entre os anos de 2020 e

2021 há um aumento de 48,39% do número de acidentes laborais.

Figura 1 – Número total de acidentes de trabalho na construção civil, atendidos no hospital referência, em Belo Horizonte, entre 2018 e 2021



Fonte: Autoria própria.

Tonetto *et al.* [28] e Torres *et al.* [29] afirmam que o ano de 2020 contou com a paralisação e redução de algumas atividades da construção civil, entre maio e junho, e com uma significativa redução de funcionários no canteiro de obras durante a pandemia do COVID-19. Tais fatores podem ter contribuído para a redução dos acidentes laborais no ano de 2020.

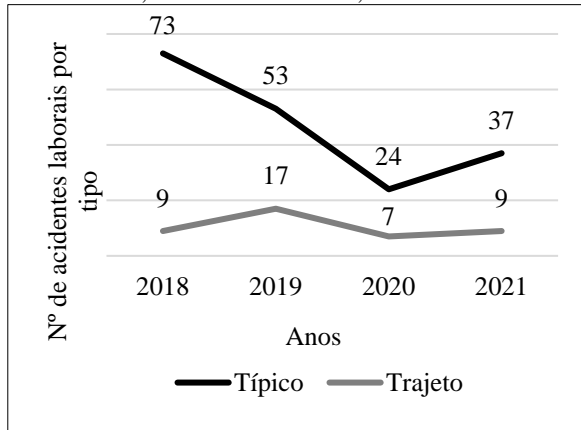
Em contrapartida, no ano de 2021, que foi que marcado pelo forte aumento de casos de Covid-19 e pelo surgimento de novas variantes do vírus, o país retomou o crescimento econômico, o que refletiu diretamente na geração de novos postos de trabalho [30]. Conforme demonstra o Cadastro Geral de Empregados e Desempregados (CAGED), disponibilizado pelo Ministério do Trabalho e Previdência, no ano de 2021 o Brasil gerou 2.492.695 de empregos formais, totalizando 5,39% a mais do que os registrados no ano de 2020.

Ainda segundo os dados do CAGED [30], o setor da construção civil criou 201.727 novos postos de trabalho com carteira assinada em 2021, o que representou 8,09% do total de empregos formais gerados no país [30]. Neste aspecto, é natural que a incidência de acidentes tenha aumentado com o surgimento da geração de novos empregos no

setor, cooperando com a curva ascendente de 2020 a 2021 demonstrada na Figura 1.

A Figura 2 apresenta o gráfico do número total de acidentes registrados por tipo (Típico e Trajeto), no hospital referência, ao longo do período analisado.

Figura 2 – Número total de acidentes de trabalho na construção civil por tipo, atendidos no hospital referência, em Belo Horizonte, entre 2018 e 2021



Fonte: Autoria própria.

No que tange ao tipo de acidente, verificou-se que os acidentes típicos foram predominantes, representando 81,30% dos acidentes de trabalho registrados entre os anos de 2018 e 2021, no hospital referência. 18,26% desses eventos referiam-se a acidentes de trajeto e apenas para 0,43% dos casos, não foi informado o tipo de acidente. Observa-se que os resultados obtidos corroboram com aqueles encontrados em outros estudos realizados, como por exemplo nas pesquisas de Conceição *et al.* [31], Cordeiro *et al.* [32] e Santana *et al.* [33], em que os acidentes típicos representaram 77,9%, 86,2% e 81,6% dos acidentes laborais registrados, respectivamente.

Os resultados relacionados ao tipo de acidente, evidenciam que os acidentes típicos são os eventos mais numerosos da construção civil. De acordo com a pesquisa realizada por Bermudes e Fontana [34], esse tipo de acidente pode ser ocasionado por vários fatores, ressaltando-se os serviços manuais realizados no setor, a ausência de treinamentos, as atitudes imprudentes, a falta

de utilização de equipamentos de proteção individual (EPI), a ausência fiscalização, entre outros. Ainda conforme esses autores, para a redução do número de acidentes é importante que as empresas apliquem programas de prevenção de riscos e atuem constantemente em acordo com a Norma Regulamentadora (NR) 18, que estabelece as condições mínimas de proteção ao trabalhador na construção civil.

4.2 Perfil dos acidentados da construção civil

A Tabela 1 apresenta as variáveis sexo, faixa etária, escolaridade, raça e situação no mercado de trabalho dos trabalhadores acidentados da construção civil atendidos no hospital referência, no período abrangido pelo estudo.

Tabela 1 – Sexo, faixa etária, escolaridade, raça e situação no mercado de trabalho dos trabalhadores da construção civil acidentados e atendidos no hospital referência, em Belo Horizonte, entre 2018 e 2021

Variável	Nº	Percentual
Sexo		
Masculino	229	99,57%
Feminino	1	0,43%
Faixa etária		
18-24	25	10,87%
25-31	42	18,26%
32-38	41	17,83%
39-45	48	20,87%
46-52	33	14,35%
53-59	27	11,74%
60-Acima	14	6,09%
Escolaridade		
Analfabeto	12	5,22%
Ensino fundamental incompleto	30	13,04%
Ensino fundamental completo	42	18,26%
Ensino médio incompleto	16	6,96%
Ensino médio completo	40	17,39%
Ensino superior incompleto	1	0,43%
Ensino superior completo	3	1,30%
Não informado	86	37,39%
Raça		
Branca	27	11,74%
Preta	14	6,09%
Parda	127	55,22%

Variável	Nº	Percentual
Não informado	62	26,96%
Situação no mercado de trabalho		
Empregado CLT	214	93,04%
Empregado não registrado	1	0,43%
Servidor público	4	1,74%
Outro	11	4,78%

Fonte: Autoria própria.

Conforme pode ser observado, os acidentes ocorridos com trabalhadores do sexo masculino prevaleceram em relação àqueles sofridos por trabalhadores do sexo feminino. Esse fato pode ser justificado pela predominância de mão de obra masculina na construção civil, ainda que haja um crescimento constante de mulheres neste setor [35]. Bezerra *et al.* [36] apontam que, de maneira geral, os trabalhadores do sexo masculino tendem a executar tarefas que necessitam de maior força, estando estas, sujeitas a maiores riscos físicos e de acidentes. Além disso, o estudo apresentado por Breda [37] indica que, homens tendem a ter maior descuido quanto ao uso dos EPI, tornando-se mais suscetíveis às consequências de acidentes laborais do que as mulheres.

No que diz respeito à faixa etária, um maior número de acidentes laborais pode ser observado entre as idades de 25 e 45 anos (56,96%), uma vez que esse intervalo é o mais inserido no mercado de trabalho [37]. Tal resultado aproxima-se daqueles encontrados nos estudos de Silveira *et al.* [24] e de Momoli, Trindade e Rodrigues-Junior [23], nos quais o maior número de acidentes de trabalho na construção civil foi observado entre as idades de 21 e 40 anos e 25 e 49 anos, respectivamente. A pesquisa de Mangas, Gómez e Thedim-Costa [38] apontou que 46% dos acidentes registrados da construção civil ocorreram na faixa etária entre 20 e 39 anos.

A análise da variável escolaridade indicou uma alta incidência de dados desconsiderados por não terem sido informados (37,39%). Tal fato também foi notado nas pesquisas de Cavalcante *et al.* [39]

e Momoli, Trindade e Rodrigues-Junior [23], em que 66% e 56,2% dos dados referentes à escolaridade, respectivamente, estavam incompletos. Ainda conforme o exposto na Tabela 1, observou-se que 43,48% dos acidentes atingiram trabalhadores com baixo nível de escolaridade - analfabetos, ensino fundamental incompleto, ensino fundamental completo e ensino médio incompleto. Segundo o estudo de Magalhães [26], os trabalhadores da construção civil são caracterizados pela baixa qualificação e baixo nível de escolaridade. Tal resultado também é evidenciado no estudo de Cavalcante *et al.* [39], em que 26,4% dos trabalhadores acidentados no estado do Rio Grande do Norte entre 2007 e 2009 apresentavam escolaridade até o ensino médio.

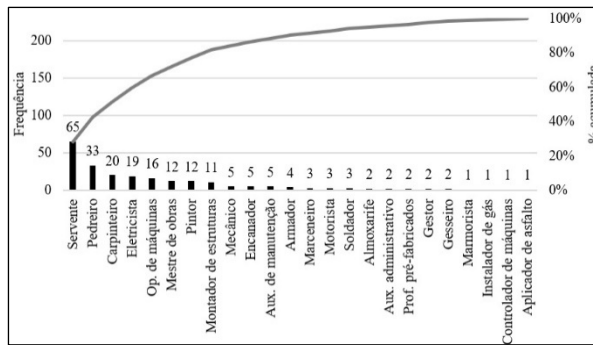
Observou-se que a variável raça não foi apontada em 26,96% das fichas analisadas. Entre as raças indicadas nos registros, a mais acometida por acidentes ocupacionais foi a parda, apontada em 55,22% dos casos. Conforme Scussiato *et al.* [40] a distribuição dos acidentes laborais por raça varia conforme a disposição dessa variável no território nacional. Tais autores apresentam um estudo realizado no Paraná, no qual os trabalhadores acidentados eram em sua maioria de cor branca.

Finalmente, foi possível inferir que trabalhadores registrados com carteira assinada foram os mais acometidos por acidentes laborais (93,04%), seguidos dos servidores públicos (1,74%) e dos trabalhadores informais (0,43%). Esse resultado vai ao encontro daqueles evidenciados pelos estudos propostos por Cordeiro *et al.* [32] e Santana *et al.* [33], que indicaram, respectivamente, que 63% e 54% dos acidentes laborais ocorridos atingiram trabalhadores formais. Com base nos dados do CAGED [30], o número de empregos formais no Brasil cresceu no ano de 2021, o que pode justificar o aumento no número de acidentes entre os trabalhadores com carteira assinada.

A Figura 3 apresenta o diagrama de Pareto para as ocupações dos trabalhadores da

construção civil atendidos no hospital referência, no recorte temporal analisado.

Figura 3 – Diagrama de Pareto das ocupações dos trabalhadores da construção civil acidentados e atendidos no hospital referência, em Belo Horizonte, entre 2018 e 2021



Fonte: Autoria própria.

Para os 230 acidentes de trabalho analisados, foram identificadas 24 ocupações distintas. Entretanto, através da análise do diagrama de Pareto (Figura 3), pode-se observar que 8 das ocupações analisadas ocupam 80% de representatividade de acidentes, sendo estas: servente de obras (28,26%), pedreiro (14,35%), carpinteiro (8,70%), eletricista (8,26%), operador de máquinas (6,96%), mestre de obras (5,22%), pintor (5,22%) e montador de estruturas (4,78%).

De acordo com Medeiros [41], serventes de obras, pedreiros e carpinteiros são as ocupações mais frequentes no setor da construção civil e, além disso, são as funções que empregam um maior número de trabalhadores. Logo, segundo o autor, tais ocupações registram um maior número de ocorrências. Os resultados corroboram com aqueles encontrados por Momoli, Trindade e Rodrigues-Junior [23] e Silveira *et al.* [24], nos quais tais ocupações totalizaram 63,8% e 87% dos acidentes laborais registrados, respectivamente.

A Tabela 2 apresenta as informações relacionadas à parte do corpo atingida e à evolução do caso dos trabalhadores da construção civil, conforme as ocupações mais significativas indicadas pelo gráfico de Pareto

Tabela 2 – Parte do corpo atingida e evolução do caso dos trabalhadores construção civil acidentados e atendidos no hospital referência, em Belo Horizonte, entre 2018 e 2021

Variável	Nº	Percentual
Parte do corpo atingida		
Membros superiores	118	62,77%
Membros inferiores	48	25,53%
Todo o corpo	17	9,04%
Outro	5	2,66%
Evolução do caso		
Incapacidade temporária	152	80,86%
Incapacidade parcial permanente	18	9,57%
Incapacidade total permanente	1	0,53%
Óbito por acidente de trabalho	1	0,53%
Não informado	16	8,51%

Fonte: Autoria própria.

A distribuição de acidentes, de acordo com as partes atingidas pelo corpo, indicou que as aquelas mais lesionadas foram os membros superiores (braços, mãos, tronco e cabeça), com 62,77% das ocorrências e os membros inferiores (pernas e pés) com 25,53%. 9,04% dos acidentes ocasionaram ferimentos/lesões em todo o corpo e apenas 2,66% atingiram outras partes do corpo. Segundo o apresentado no estudo desenvolvido por Santana *et al.* [33] no âmbito da construção civil, os membros superiores são os mais expostos durante a realização do trabalho e, por consequência, os mais atingidos por acidentes ocupacionais.

No que tange à evolução do caso, tem-se que 80,86% dos acidentes causaram incapacidade temporária ao trabalhador, 9,57% geraram incapacidade parcial permanente, 0,53% resultaram em óbito, 0,53% ocasionaram incapacidade total permanente e em 8,51% dos casos não houve registro da evolução. A pesquisa de Scussiato *et al.* [40] demonstrou resultado semelhante, indicando que 95,2% dos registros geraram em incapacidade temporária. De acordo com Cavalcante *et al.* [39] os acidentes laborais ocasionam ao trabalhador tanto restrições físicas quanto emocionais, prejudicando o seu retorno ao trabalho.

5. Considerações finais

O presente trabalho possibilitou a determinação do perfil dos trabalhadores acidentados da construção civil atendidos no hospital referência, entre os anos de 2018 e 2021, em Belo Horizonte/MG. Pode-se observar que, entre os trabalhadores acidentados, prevaleceram os homens (99,57%), com idade entre 39 e 45 anos (20,87%), com ensino fundamental completo (18,26%) e de cor parda (55,22%). Em sua maioria, os profissionais acidentados tratavam-se de serventes de obras (28,26%), que trabalhavam sob o regime de carteira assinada (93,04%). Além disso, entre os eventos registrados, prevaleceram os acidentes típicos (81,74%), além daqueles que ocasionaram danos aos membros superiores (62,77%) e incapacidade temporária (80,86%) ao trabalhador.

Os resultados obtidos podem servir como critério na adoção de ações e medidas preventivas mais assertivas nos canteiros de obras, visando torná-lo mais seguro aos colaboradores, através da proposta de treinamentos, capacitações e programas de prevenção de riscos, prioritariamente voltados para os grupos de trabalhadores mais atingidos pelos acidentes. Ademais, destaca-se a importância da realização de investimentos em fiscalização, que possibilitem a diminuição e/ou eliminação dos riscos ocupacionais e dos acidentes laborais.

Dentre as limitações observadas na pesquisa, destaca-se a falta do preenchimento completo das informações da ficha de investigação, principalmente dos campos referentes à escolaridade e à raça, com 37,39% e 26,96% dos dados não informados, respectivamente.

Sugere-se, como pesquisa futura, promover a correlação entre as variáveis idade e tipo de acidente, escolaridade e tipo de acidente e parte do corpo atingida, visando identificar o grau de associação entre as mesmas. Além disso, a

análise realizada poderá ser estendida a trabalhadores de outros setores da economia.

6. Referências

- [1] IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. *Pesquisa Anual da Indústria da Construção Civil*. Rio de Janeiro, 2019. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/54/paic_2019_v29_notas_tecnicas.pdf. Acesso em: 08 jan. 2023.
- [2] CBIC. Câmara Brasileira da Indústria da Construção. *Desempenho da construção civil em 2020 e perspectivas para 2021*. 2020. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2020/12/balanco-construcao-2020-2021.pdf>. Acesso em: 08 jan. 2023.
- [3] TAKAHASHI, M. A. B. C.; SILVA, R. C.; LACORTE, L. E. C.; CEVERNY, C. G. O.; VILELA, R. A. G. *Precarização do trabalho e risco de acidentes na construção civil: um estudo com base na análise coletiva do trabalho*. Saúde Sociedade, São Paulo, v. 21, n. 4, p. 976-988, 2012.
- [4] SILVA, H. M.; ASSIS JUNIOR, J. D. C. *Quantitativo de acidentes de trabalho na construção civil de 2015 a 2017 no Brasil*. Engineering Sciences, v.8, n.3, p. 65-73, 2020.
- [5] MOTERLE, N. *A importância da segurança do trabalho na construção civil: um estudo de caso em um canteiro de obras na cidade de Pato Branco – PR*. Pato Branco: UTFPR, 2014.
- [6] BRASIL. Tribunal Superior do Trabalho. *A cada 15 segundo um trabalhador morre de acidentes ou doenças relacionadas com o trabalho*. 2015. Disponível em: https://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/programa/-/asset_publisher/OSUp/content/a-cada-15-segundos-um-trabalhador-morre-de-

- [acidentes-ou-doencas-relacionadas-com-o-trabalho](#). Acesso em: 8 jan. 2023.
- [7] OIT. Organização Internacional do Trabalho. *Tendências globais em acidentes e doenças ocupacionais*. 2015. Disponível em: https://www.ilo.org/wcmsp5/groups/public/---ed_dialogue/---lab_admin/documents/publication/wcms819788.pdf. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [8] GÜNCANLI, G. E.; MÜNGEN, U. *Analysis of construction accidents in Turkey and responsible parties*. *Industrial Health*, v. 51, p. 581-595, 2013. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/257205727_Analysis_of_Construction_Accidents_in_Turkey_and_Responsible_Parties. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [9] OSST. Observatório de Saúde e Segurança do Trabalho. *Notificações de acidentes de trabalho (CAT) 2021*. Disponível em: <https://smartlabbr.org/sst/localidade/3106200>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [10] OIT. Organização Internacional do Trabalho. *Resolução sobre as estatísticas das lesões profissionais devidas a acidentes de trabalho*. 2013. Disponível em: [https://www.act.gov.pt/\(pt-PT\)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/ResolucaoSobreEstatisticasLesoesProfissionais.pdf](https://www.act.gov.pt/(pt-PT)/crc/PublicacoesElectronicas/Documents/ResolucaoSobreEstatisticasLesoesProfissionais.pdf). Acesso em: 8 jan. 2023.
- [11] BRASIL. *Lei nº 8.213*, de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os planos de benefícios da previdência social e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 1991, republicado em 14 ago. 1998.
- [12] BRASIL. Ministério da Saúde. Secretaria de Atenção à Saúde. Departamento de Ações Programáticas Estratégicas. *Notificação de acidentes de trabalho fatais, graves e com crianças e adolescentes*. Brasília: Editora do Ministério da Saúde, 2006.
- [13] BATTISTI, J. F. *Análise estatística da ocorrência dos acidentes do trabalho no estado do Paraná*. Santa Maria: UFSM, 2019. Disponível em: https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/21228/TCCE_EMQ_2019_BATTISTI_JULIANE.pdf?sequence=1. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [14] BRASIL. *Registrar Comunicação de Acidente de Trabalho – CAT*. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/pt-br/servicos/registrar-comunicacao-de-acidente-de-trabalho-cat>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [15] BARBOSA FILHO, A. N. *Segurança do trabalho na construção civil*. São Paulo: Editora Atlas, 2015.
- [16] COSTELLA, M. F; JUNGES, F. C; PILZ, S. E. *Avaliação do cumprimento da NR-18 em função do porte de obra residencial e proposta de lista de verificação da NR-18*. *Ambiente Construído*, v. 3, n. 14, p. 87-102, 2014. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/ac/a/47ShcYmhH7LTBVjMyzv6J6D/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [17] FAGUNDES, C. E. L; NEVES, H. P; LEAL, T. L. M. C. *Análise da segurança do trabalho nos canteiros de obras do município de Guanambi-BA*. *Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, v. 15, n. 2, p.287-299, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufg.br/reec/article/view/61593/34869>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [18] SANTANA, V. S; OLIVEIRA, R. P. *Saúde e trabalho na construção civil em uma área urbana do Brasil*. *Caderno Saúde Pública*, Rio de Janeiro, v. 20, n. 3, p.797-811, 2004.
- [19] SLACK, N; BRANDON-JONES, A; JOHNSTON, R. *Administração da produção*. São Paulo: Atlas, 2018.
- [20] SILVA, S. B. *et al. Diagrama de Pareto: verificação da ferramenta de qualidade por patentes*. In: *Simpósio de Engenharia de Produção de Sergipe*, 11. 2019, São

- Cristóvão, SE. Anais [...]. São Cristóvão, SE, 2019, P. 234-243.
- [21] VIEIRA, S. *Estatística para a qualidade: como avaliar com precisão a qualidade em produtos e serviços*. Rio de Janeiro: Elsevier, 1999.
- [22] WERKEMA, M. C. C. *Ferramentas estatísticas básicas para o gerenciamento de processos*. Belo Horizonte: Werkema, 2006.
- [23] MOMOLI, R; TRINDADE, L. L; RODRIGUES-JUNIOR, S. A. *Perfil dos acidentes de trabalho na indústria da construção civil no oeste de Santa Catarina*. Revista Psicologia: Organizações & Trabalho, v. 21, n. 2, p.1456-1462, 2021.
- [24] SILVEIRA, C. A; ROBAZZI, M. L. C. C; WALTER, E. V; MARZIALE, M. H. P. *Acidentes de trabalho na construção civil identificados através de prontuários hospitalares*. Revista Escola de Minas, v. 58, n. 1, p. 39-44, 2005. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rem/a/jFZZmx5TbCpWT7qZbsXQFfn/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [25] ROCHA, T; SALVAGNI, J; NODARI, C. H. *Evidências da segurança do trabalho e o nível de escolaridade dos trabalhadores na construção civil*. Revista Gestão e Planejamento, Salvador, v. 20, p. 328-343, 2019.
- [26] MAGALHÃES, S. F. *Acidentes graves em trabalhadores que atuam na construção civil no município de Uberlândia-MG (2013 a 2015)*. Uberlândia: UFU, 2017. Disponível em: <https://repositorio.ufu.br/bitstream/123456789/22468/6/AcidentesGravesTrabalhadores.pdf>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [27] BUFON, N; ANSCHAU, C. T. *O perfil da mão de obra na construção civil de Chapecó/SC*. Revista Tecnológica, v. 4, n. 1, p. 194-210, 2016. Disponível em: <https://uceff.edu.br/revista/index.php/revista/article/view/117>. Acesso em: 8 jan. 2023.
- [28] TONETTO, M. S. *et al. Controle da propagação da COVID-19 em canteiros de obras: Principais medidas e desafios da construção civil frente à pandemia*. Porto Alegre: UFRGS, 2021
- [29] TORRES, T. A. S; CRUZ, A. C. A. J; CRUZ, H. M; SANTOS, D. G. *O impacto da pandemia por Covid-19 no planejamento de obras: estudo de caso em um condomínio residencial*. In: XIX Encontro Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído, 19, 2022. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2022.
- [30] CAGED. Cadastro Geral de Empregados e Desempregados. *Programa de disseminação das estatísticas do trabalho*. 2021. Disponível em: <http://pdet.mte.gov.br/rais?view=default>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [31] CONCEIÇÃO, P. S. A; NASCIMENTO, I. B. O; OLIVEIRA, P. S; CERQUEIRA, M. R. M. *Acidentes de trabalho atendidos em serviço de emergência*. Caderno Saúde Pública, Rio de Janeiro, v. 19, n. 1, p. 111-117, 2003. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/kDzsVkJm9McKqnfvRwhnQWR/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [32] CORDEIRO, R; PRESTES, S. C. C; CLEMENTE, A. P. G; DINIZ, C. S; SAKATE, M; DONALISIO, M. R. *Incidência de acidentes do trabalho não-fatais em localidade do Sudeste do Brasil*. Caderno Saúde Pública, v. 22, n. 2, p. 387-393, 2006. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/csp/a/TWf9FgxRFWtM9dXXZ6rG74x/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [33] SANTANA, V. S; XAVIER, C; MOURA, M. C. P; OLIVEIRA, R; ESPÍRITO-SANTO, J. S; ARAÚJO, G. *Gravidade dos acidentes de trabalho atendidos em serviços de emergência*. Revista Saúde Pública, v. 43, n. 5, p. 750-760, 2009. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rsp/a/pvB5tFqgvx>

- <FKtkdpWvKtdxv/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [34] BERMUDES, W. L.; FONTANA, K. R. *Relação dos índices de acidentes do trabalho no Espírito Santo e Brasil de 2007 a 2017 na construção de edifícios*. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção, v. 7, n. 12, p. 05-19, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/relainep/article/view/68508/39985>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [35] OLIVEIRA, M. F.; GONÇALVES, M. C. S.; DIAS, C. M.; ZAGANELLI, M. V. *O trabalho das mulheres em áreas relacionadas à tecnologia e engenharia: estudo de caso sobre a inclusão feminina na construção civil*. Humanidades & Tecnologia, v. 22, n. 1, p. 10-26, 2020.
- [36] BEZERRA, J. C.; ARANTES, L. J.; SHIMIZU, H. E.; MERCHÁN-HAMANN, E.; RAMALHO, W. M. *A saúde do trabalhador no Brasil: Acidentes registrados pela previdência social de 2008 a 2014*. Revista Brasileira de Enfermagem, v. 73, n. 6, 2020. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/reben/a/PYZnjcxqjwrMhtyS8KKRNht/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [37] BRENDA, D. *Acidentes de trabalho na região Sul do Brasil, 2010-2013: incidência, tipo de acidentes e evolução dos casos*. Curitiba, 2016.
- [38] MANGAS, R. M. N.; GÓMEZ, C. M.; THEDIM-COSTA, S. M. R. *Acidentes de trabalho fatais e desproteção social na indústria da construção civil do Rio de Janeiro*. Rev. Bras. Saúde Ocup v. 33, n. 18, p. 48-55, 2008. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rbso/a/tFwbZmCt8vXps9Lk5GmD4sC/?format=pdf&lang=pt>. Acesso em: 9 jan. 2023.
- [39] CAVALCANTE, C. A. A. *et al. Perfil dos agravos relacionados ao trabalho notificados no Rio Grande do Norte, 2007 a 2009*. Epidemiol. Ser. Saúde, v. 23, n. 4, p. 741-752, 2014. Disponível em:
- http://scielo.iec.gov.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1679-49742014000400016. Acesso em: 11 jan. 2023.
- [40] SCUSSIATO, L. A.; CÉSPEDES, L. D. M.; SARQUIS, L. M. M, STEIN-JUNIOR, A. V.; MIRANDA, F. M. A. *A análise dos agravos relacionados ao trabalho notificados pela unidade de saúde do trabalhador*. Revista Mineira de Enfermagem, v. 14, n. 1, p. 88-95, 2010. Disponível em: <https://cdn.publisher.gn1.link/reme.org.br/pdf/v14n1a13.pdf>. Acesso em: 11 jan. 2023.
- [41] MEDEIROS, M. F. L. *Análise dos acidentes do trabalho na indústria da construção civil no estado do Rio Grande do Norte em 2014*. Natal: UFRN, 2016. Disponível em: <https://repositorio.ufrn.br/bitstream/123456789/40592/2/an%c3%a1lise-acidentes-trabalho-Medeiros-Monografia.pdf>. Acesso em: 9 jan. 2023.



Sustainability metrics, methods, and production processes

BENEVIDES, M. Cristina C. S.; COSTA, Bruno B. F.; AMARIO, Mayara; HADDAD, Assed N

benevides.mariacristina@gmail.com; bruno.barzellay@macae.ufrj.br; mayara_amario@poli.ufrj.br; assed@poli.ufrj.br.

Civil Engineering, UFRJ, Rio de Janeiro, Brazil.

Informações do Artigo

Keywords:

*Sustainable development
Technical requirements
Methods and production
process*

Abstract:

This research aims to conduct a literature review on the impact of sustainability metrics on industry methods and production processes, regarding environmental technical requirements, voluntary or not, under the consensus of the International Organization for Standardization (ISO) or the respective governments. For this purpose, a gravity model is used, to avoid possible technical barriers to trade, or obstacles of a technical nature to trade, within the scope of the Technical Barriers Agreement of the World Trade Organization (WTO), aiming to meet the 2030 Agenda for sustainable development of the United Nations (UN). An action plan is sought to achieve a balance between economic, social, and environmental development, through a set of objectives and goals, specifically concerning Sustainable Development Goal - 9, which deals with industry, innovation, and infrastructure, improving the country's quality infrastructure and good regulatory practices.

Resumo

Esta pesquisa tem como objetivo realizar uma revisão da literatura sobre o impacto das métricas de sustentabilidade nos métodos da indústria e nos processos de produção, no que diz respeito aos requisitos técnicos ambientais, voluntários ou não, sob o consenso da Organização Internacional de Normalização (ISO) ou dos governos respectivos. Para esse fim, é utilizado um modelo gravitacional, a fim de evitar possíveis barreiras técnicas ao comércio ou obstáculos de natureza técnica ao comércio, no âmbito do Acordo sobre Barreiras Técnicas ao Comércio da Organização Mundial do Comércio (OMC), com o objetivo de cumprir a Agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável das Nações Unidas (ONU). Busca-se um plano de ação para alcançar um equilíbrio entre o desenvolvimento econômico, social e ambiental, por meio de um conjunto de objetivos e metas, especificamente relacionados ao Objetivo de Desenvolvimento Sustentável - 9, que trata da indústria, inovação e infraestrutura, visando melhorar a infraestrutura de qualidade do país e as boas práticas regulatórias.

1. Introduction

In the interdependent world of today, international relations, so complex in

themselves, are being increasingly sorted in international organizations, the most varied

and numerous, whose deliberations strongly penetrate national borders.

The concept of sustainable development, which spread so quickly, has contributed to the world being considered as a whole. By advocating meeting the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own, it leads to the predominance of an internationalist vision for solving global problems.

2. The United Nations

Playing a key role, the United Nations (UN), created on October 24, 1945, with headquarters in Geneva, Switzerland, constantly develops actions to help countries overcome sustainability challenges [1].

The 2030 Agenda for sustainable development is an action plan to achieve a balance between economic, social, and environmental development, committing to work tirelessly for its full implementation by 2030, through a set of objectives, called Sustainable Development Goals (SDGs), also known as the Global Goals, as shown in Figure 1.



Source: Nações Unidas Brasil [2]

Seventeen transformative steps are urgently needed to set the world on a sustainable and resilient path [3]. Truly transformational goals, as they are indivisible and universal [4].

The SDGs represent an ambitious plan to increase peace and prosperity, eradicate poverty and protect the planet, and are recognized globally as essential for the planet's future sustainability [5].

Such an action plan requires contributions from all elements of society, including local and national governments, businesses, industries, and individuals, and to be successful, the process requires consensus, collaboration, and innovation [5].

Although recognized as fundamental, the SDGs have been criticized for not being based on a strong conceptual model of sustainability, in which the three main forms of social, economic, and environmental capital are independent and irreplaceable, and in a more balanced and integrated set [6].

In particular, as a resource provider, the environment is perceived as relevant only to the objective of safe water and sanitation [6].

Since the adoption of the 2030 Agenda by the 193 Member States of the United Nations in September 2015, there has been unprecedented momentum around the world towards achieving the respective Sustainable Development Goals [4].

The High-Level Political Forum (HLPF) on Sustainable Development, which meets annually under the auspices of the General Assembly and the United Nations Economic and Social Council, plays a central role in monitoring and reviewing the implementation of the 2030 Agenda around the world. [4].

Some recurring challenges remain, such as finding the financial resources and securing cross-sectoral policies and budgets, but there are also encouraging trends, such as the role of technology in accelerating development outcomes [4].

Today, there are more complex and interconnected global challenges. Often even the most local problem has a wider dimension. This is why a multisectoral approach to sustainable development is critical to guide collective work towards 2030 [4].

Partnerships, including the most unusual ones, are fundamental to achieving the SDGs. It is necessary to be aware of

multistakeholder collaborations, where unexpected partners join forces to ensure that their different, but complementary experiences, allow the emergence of new solutions [4].

In addition to this knowledge diversity, funding sources must be diversified so that risks and opportunities can be shared, and programs can rely on regular funding [4]. There is an unprecedented dynamism to collaboration. The 2030 Agenda is about thinking and approaching things differently [4].

3. The International Organization for Standardization

The International Organization for Standardization's (ISO) long history of collaboration with the UN has been essential in tackling some of the world's most global challenges and will continue to be a transformative force in the future as the roadmap to 2030 is pursued [3].

At an international level, technical standards are issued by ISO, created on February 23, 1947, based in Geneva, Switzerland. Its purpose is to develop international technical standards, except in the electrotechnical and electronic areas, which are the responsibility of the International Electrotechnical Commission (IEC), which has existed since 1906.

There are also regional standardization organizations, such as the Pan American Commission for Technical Standards, the European Committee for Standardization, and the European Committee for Electrotechnical Standardization, for electrical and electronic matters. And Brazil's representative in these organizations is the Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), which has existed since 1940.

ABNT, a non-profit civil entity, is considered of Public Utility by Law N°. 4,150 of November 21, 1962, and is part of the National Metrology, Standardization and

Industrial Quality System (SINMETRO). Thus recognized as a Forum of the National Standardization System by Conmetro Resolution N°. 14, of December 1983.

As an independent non-governmental organization, ISO plays a leading role in defining international technical standards concerning innovation, which is considered essential to accelerate results.

The process of defining a technical standard itself is the result of dialogue and partnership, in the spirit of the 2030 Agenda.

The technical standard is a document established by consensus and approved by a recognized organization, which provides, in common and repetitive use, rules, guidelines, or characteristics for activities or their results, aiming at obtaining an optimal degree of order in a given context.

The standardization activity, which means the elaboration, publication, and implementation of technical standards aims:

- economy, providing simplification or reduction of the growing variety of products and procedures;
- communication, standardizing the exchange of information between the manufacturer and the consumer, improving the reliability of commercial relationships and services;
- safety, protecting life and health;
- consumer protection, providing the means to verify the quality of products and services;
- elimination of technical and trade barriers, avoiding the existence of conflicting technical requirements on products and services in different countries;

Thus, trade exchange is allowed, which is particularly important for developing countries as it allows them to more easily compete in the global market [7].

Covering virtually all sectors, technical standards give confidence to investors and

consumers, creating an environment in which products and services can develop [7].

In particular, the ISO technical standards support sustainable industrialization through internationally agreed technical specifications that meet quality, safety, and sustainability requirements [7].

Additionally, a crucial element for the fulfillment of the 2030 Agenda, and its respective SDGs, is its monitoring and the measurement of its progress, and, in this domain, the ISO standards help to measure the success and to identify the challenges [7].

In this sense, to promote sustained economic growth and ensure sustainable production and consumption methods and processes [2], ISO has established, based on consensus and international collaboration, more than 22,000 international technical standards, which permeate all areas covered by the Sustainable Development Goals [3], as shown in figure 2:

Figure 2 - Technical standards divided by SDG



Source: ISO Focus [3]

Thus providing the essential tools for governments, industries, and consumers to contribute to the achievement of each of the SDGs and a solid foundation on which innovation can thrive [5].

4. Sustainable Development Goal – N° 9

Among the Sustainable Development Goals with the highest number of technical standards established by ISO, industry,

innovation, and infrastructure (SDG 9) stand out, with more than 13,000 international technical standards, as shown in Figure 3, enabling the construction of resilient infrastructures, promoting inclusive and sustainable industrialization, and fostering innovation.

Figure 3 - ISO contributes to the SDGs



Source: ISO Focus [3]

Encouraging innovation is essential for the sustainability and economic viability of the business [8].

Innovation is not just about brilliant new inventions or discoveries. It is a crucial business need as it relates to a company's ability to identify and pursue new areas of opportunity while understanding and responding to changing conditions in its environment [8].

According to the Organization for Economic Cooperation and Development (OECD), innovation goes far beyond research and development (R&D), and defines into four types: product, process, marketing, and organizational innovation [9], namely:

- Product innovation - a new or significantly improved good or service. This includes relevant improvements in technical specifications, components, materials, in-product software, ease of use, or other functional characteristics.
- Process innovation - a new or significantly improved production or delivery

method. This includes significant changes in techniques, equipment, and/or software;

- Marketing innovation - a new marketing method that involves significant changes in product design or packaging, product positioning, product promotion, or pricing;
- Organizational innovation - a new organizational method in business practice, workplace organization, or external relations.

Innovation helps organizations create value while managing uncertainty and leveraging employees' knowledge and creativity [8].

In the context of the 2030 Agenda, sustainable development must be understood as the creation of innovative economies focused on people, taking into account their abilities, needs, and expectations regarding the world.

Promoting innovation is one of the main methods for resuming a long-lasting and sustainable growth trajectory. Government policy plays a major role in increasing innovation in the economy [10].

Measuring the level of innovation in the world's economies has been of interest to economic theorists and practitioners for several years. However, the actual level of innovation in world economies can be assessed based on a much more limited set of diagnostic resources available in official statistics [10].

In this sense, international ISO standards provide a platform to ensure interoperability. That is, the ability of different systems and organizations to work together, to ensure that people, organizations, and systems interact to exchange information effectively and efficiently, encouraging investment, and supporting innovation [7].

ISO has developed a large portfolio of international technical standards and guidance documents that enable an organization to align all its systems and processes to

undertake innovation activities and initiatives, addressing all the factors that contribute to an organization being innovative. Thus ensuring the implementation of an effective system of innovation management [8].

According to these guidelines, an innovation is a new or improved product or process that significantly differs from previous products or processes, and is made available to users. This definition is in line with those found in ISO standards so that they can be useful tools to compare and assess innovation within and between organizations [8].

ISO's ongoing work on innovation management provides tried and tested frameworks that help organizations unlock their innovative potential, most notably the family of standards that address innovation management, such as ISO 56000 "Innovation Management - Fundamentals and Vocabulary". This set includes ISO 56002 "Innovation Management - Innovation management system - Guidance", and ISO 56003 "Innovation Management - Tools and methods for innovation partnership - Guidance" [3].

Technical standards are also important tools in building safe and resilient infrastructure. ISO has over a thousand technical standards for the construction industry, including not only minimum levels of safety and performance but also a range of resilience testing methods.

Furthermore, ISO has technical standards that facilitate business practices and relationships. This includes ISO 44001 "Collaborative Business Relationship Management Systems - Requirements and Framework", on collaborative business relationship management systems, which provides a common platform to maximize the benefits of working collaboratively, and help companies establish healthy business

relationships, within and between organizations supporting the 2030 Agenda.

Thus, SDG-9 benchmarks industrial performance, preserving the environment and promoting inclusion, and constitutes a valuable tool for policymakers and analysts [11].

5. The Quality Infrastructure

The development and implementation of technical specifications, standards, or technical regulations require a quality infrastructure, that is, a system constituted by private and public organizations that contribute to improving the quality and safety of products, services, and processes. Based on a set of best practices in metrology, standardization, conformity assessment, accreditation, and market surveillance [12], some concepts can be defined:

- metrology is the science of measurement and its applications, encompasses all theoretical and practical aspects of measurement, whatever the measurement uncertainty and knowledge field [13];
- standardization consists of the voluntary establishment of minimum requirements for products, processes, and services. In particular, the elaboration, dissemination, and implementation of standards [14];
- conformity assessment is a systematic process, with pre-evaluated rules, to provide an adequate degree of confidence in a product, process, or service. That is, fulfillment of pre-established requirements in rules or regulations [15];
- accreditation is the formal recognition of the competence of a conformity assessment institution to develop its activities under pre-established requirements [16];
- market surveillance is the set of measures and activities performed to monitor and verify whether products, inputs, and services meet the requirements established in the technical legislation within its competence [17].

In Brazil, the National Institute of Metrology, Quality, and Technology (INMETRO) is the Quality Infrastructure coordinator, which is central to the promotion and support of economic, environmental, and social development [18]. Therefore, it is fundamental to the country's competitiveness.

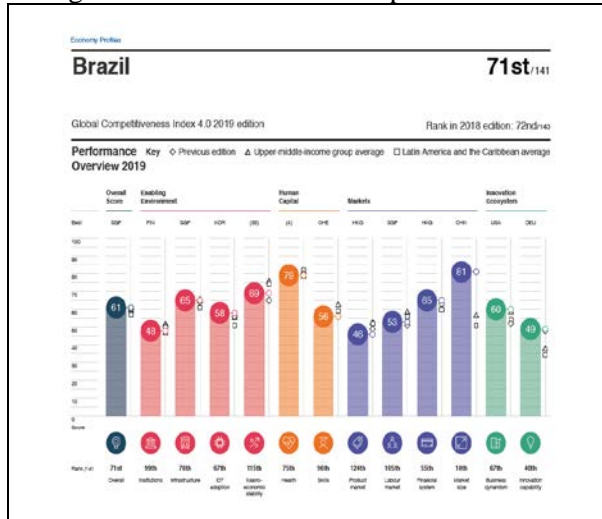
Inmetro, a federal autarchy, is the executive body of the National Metrology, Standardization, and Industrial Quality System (SINMETRO). The National Council of Metrology, Standardization, and Industrial Quality (CONMETRO) is Sinmetro's normative institution.

Competitiveness is understood as the attributes and qualities of an economy that allow a more efficient use of production factors. Thus, for productivity gains, the most important aspect of long-term economic growth [19].

In this sense, encompassing 141 economies, the Global Competitiveness Index (GCI), presented in The Global Competitiveness Report of the World Economic Forum (WEF), measures national competitiveness - defined as the set of institutions, policies, and factors that determine the productivity level. It is organized into twelve key productivity drivers: Institutions; Infrastructure; Information and Communication Technology; Health; Skills; Product Market; Employment Opportunities; Financial System; Market Scale; Business Dynamism; and Innovation Capacity. Also valuing factors that will grow in importance as the fourth Industrial Revolution gathers pace, such as: Human Capital; Agility; Resilience; and Innovation [19].

In this ranking, Brazil occupies the 71st position, as shown in Figure 4. Just one position higher than the last evaluation, and the 8th position in the Latin America and Caribbean region [19].

Figure 4 - Brazil and the competitive index.



Source: Weforum [19]

Improving productivity in Brazil is critical to the country's social agenda. This year's GCI improvements, while limited, are a first step towards laying the groundwork for greater prosperity [19].

This result was mainly driven by a significant simplification of the rules for starting and closing companies, which boosted the business dynamism score [19].

In addition to these improvements, Brazil's competitive performance also benefits from its relatively high level of innovation capacity and the size of its market.

On the other hand, greater advances in macroeconomic stability must be accompanied by greater trade openness, especially regarding applied tariffs and non-tariff barriers [19].

Looking forward, as the global economy strives to become more inclusive and sustainable as envisioned in the 2030 Agenda, governments are increasingly expected to set the course for higher social and environmental standards. That is, long-term policies, essential to achieve these objectives [19].

6. World Trade Organization

The General Agreement on Tariffs and Trade (GATT), signed in Geneva by representatives of 23 countries in 1947, has evolved and, on January 10, 1995, gave rise to the current World Trade Organization (WTO).

From a mere provisional agreement on tariffs and trade, the GATT, after 48 years, has become the WTO, the broadest and most ambitious international trade agreement ever signed.

The WTO, intending to promote and regulate international trade rules, allows countries to establish their technical regulations, an important step in advancing new technologies and diffusing innovation. Reports should apply only to the extent necessary to protect human, animal, or plant life health, and should not arbitrarily or unreasonably discriminate against countries where the same or similar conditions prevail [20].

The technical regulation is a document that contains mandatory standards and is adopted by an authority, which establishes requirements aimed at ensuring aspects related to health, safety, and the environment.

With the increasing complexity of international trade regulation, one of the important areas of debate for possible WTO negotiations on environmental regulation, despite the substantial length of the respective agreements, is the Production Process and Methods (PPM). In other words, the way to extract the necessary natural resources and elaborate or obtain the product, mainly for developing countries.

Environmental motivations often stem from a desire to protect global environments and shared resources, which can mean new technical barriers, or obstacles of a technical nature, to international trade. Mainly for Brazil, holder of the greatest biodiversity in the world and whose exports have been losing

strength with the demands of sustainability [21].

Thus, technical requirements on PPM guide how the products must be produced; prescribe specifications of methods to be used in the production process, considering the types of impact that can be caused to the environment, given the health, safety, and environment aspects to be adopted during the manufacture of a product; and assume relevance in international trade, complementing any gaps in the domestic sphere.

However, the interaction between trade and the environment has become controversial since the first GATT panel in 1991 declared that distinctions based on PPM were not welcome within its scope.

The broader interpretation of the PPM encompasses controversial international trade issues of contemporary interest:

- health and safety aspects of new technologies;
- depletion of resources, both renewable and non-renewable;
- environment pollution; and
- the use of child, forced, prison, and slave labor.

In Brazil, the National Confederation of Industry (CNI), concerned about the impact of non-tariff barriers on Brazilian exports, initiated a process of raising awareness in the private sector to identify technical, sanitary, and phytosanitary barriers, instead of automatically incorporating them into the product cost. It also identified restrictions that involve some of Brazil's main trading partners, such as the European Union and the United States, and affect some key products in Brazil's export basket, such as meat, sugar, and fruit juices. In addition, it concluded that non-tariff barriers, specifically technical barriers, and sanitary and phytosanitary measures to international trade, reduced

Brazil's export capacity by 14%, or US\$30 billion, in 2017 [22].

Recently published by the UN, the report Trade and Sustainable Development points out that world exports are also losing strength with sustainability requirements [22].

7. Gravitational Model

Commercial rivalries, when unavoidable or irreducible, can evolve into armed conflicts. As taught by the Prussian military thinker Carl von Clausewitz, "War is the continuation of politics by other means". Needs for food, water, energy, and raw materials cause wars. In this context, there can be no sustainable development without peace, and there is no peace without sustainable development [2].

Thus, detailed quantitative information and analyses on trade policy are increasingly necessary. In recent years, globalization and trade openness have become increasingly controversial. Quantifying trade flows and policies makes it possible to describe, compare and monitor the evolution of these policies across countries or sectors, or over time.

Among the simulation methodologies used to predict the effects of trade and policies related to the respective flows, welfare, and income distribution, the gravity model stands out. This is one of the most successful and therefore widely used models for trade flows empirical analysis between countries, which can be approximated by a law called the "gravitational equation", in analogy to Newton's gravitational theory.

Like planets, attracted to each other in proportion to their size and proximity, trade relations between countries depend on their respective economies and distances.

In this sense, the trade flow between two countries will be directly proportional to their economic masses, generally measured by Gross Domestic Product (GDP), or other variables that can promote trade. The flow

will also be indirectly proportional to distance and other trade barriers.

Thus, by similarity:

$$F_{ij} = G \frac{M_i^\alpha M_j^\beta}{D_{ij}^\theta}$$

F_{ij} = flow from origin i to destination j ;
 G = gravitational constant ;
 M_i e M_j = relevant economic measures of countries i and j ;
 D_{ij} = distance between countries i and j ; and
 α, β, θ = coefficients.

There is a return to Newton's equation when using $\alpha = \beta = 1$ and $\theta = 2$. The multiplicative nature of the gravitational equation allows the use of the logarithmic function, obtaining a linear relationship between the terms [23]. The remarkable success and popularity of the gravitational model as a simulation methodology for commerce can be explained by combining a few arguments.

First, the gravitational model is very intuitive. Using the metaphor of Newton's Law of Universal Gravitation, the model predicts that international trade (gravitational force) between two countries (objects) is directly proportional to the product of their sizes (masses) and inversely proportional to trade frictions (the square of the distance) between them.

Second, it is a structural model with solid theoretical foundations, making it particularly suitable for counterfactual analyses, such as quantifying trade policy effects.

Third, it represents a realistic general equilibrium environment that simultaneously accommodates multiple countries, industries, and even companies. As such, the gravitational frame can be used to capture the possibility that markets (countries, sectors, companies, etc.) are connected. Thus, changes in trade policy in a specific market will trigger ripple effects across the rest of the world.

Fourth, the gravitational configuration is a very flexible framework that can be

integrated into a wide class of even broader general equilibrium models, allowing one to study the links between trade and the labor market, investment, environment, etc.

Finally, one of the most appealing properties is its predictive power. Empirical gravitational equations for trade flows consistently provide a remarkable fit of between 60 and 90 percent with aggregated or sectoral data for goods and services.

Thus, it proved to be a useful empirical model for understanding the distribution of goods and factors of production at scale. It is also the econometric model used for the analyzes of international trade flows to estimate the impact of a range of issues [24].

Thus, within the scope of the 2030 Agenda, highlighting the promotion of sustained economic growth and the guarantee of sustainable production and consumption methods and processes, and committing to work tirelessly for the full implementation of this agenda by 2030 [2], the metrics require indicators that can simultaneously measure sustainability in the three basic dimensions of sustainable development: environmental, social, and economic.

These indicators should measure, monitor and evaluate practices, allowing for estimating the environmental impacts arising from human activities and, consequently, evaluating and guiding policies for sustainable development.

In this sense, the method is indicated for analyzing the impact of technical barriers to international trade, through environmentalist technical requirements in the methods and productive processes inherent to industries, using sustainability metrics in a gravitational model, contributing to sustainable development, improvement of quality infrastructure [18], and best regulatory practices in the country [25].

8. References

- [1] SALVIA, A. L.; LEAL F., W. et al. *Assessing research trends related to Sustainable Development Goals: local and global issues*. Journal of Cleaner Production, vol. 208, p.841-849, 20 Jan. 2019. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652618329810> acesso em: 25.jun.2022.
- [2] NAÇÕES UNIDAS BRASIL. *Transformando Nosso Mundo: A Agenda 2030 para o Desenvolvimento Sustentável*. Organização das Nações Unidas (ONU), 2020. Disponível em: <https://brasil.un.org/sites/default/files/2020-09/agenda2030-pt-br.pdf>
- [3] ISO focus. *Our vision for a better world: How ISO standards support the 2030 Agenda*. Your gateway to International Standards. n.130: p4.set-out. 2018.
- [4] MØLLER, Michael. Our common roadmap. ISO focus. Your gateway to International Standards. n.130: p4.set-out. 2018. United Nations Office at Geneva (UNOG). Disponível em: [https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20\(2013-NOW\)/en/2018/ISOfocus_130/ISOfocus_130_en.pdf](https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/news/magazine/ISOfocus%20(2013-NOW)/en/2018/ISOfocus_130/ISOfocus_130_en.pdf)
- [5] ISO Standards. *Sustainable development goals: How ISO standards help meet the SDGs*. Disponível em: <https://www.iso.org/sdgs.html>
- [6] GIANNETTI, B. F.; AGOSTINHO, F. et al. Insights on the United Nations Sustainable Development Goals scope: are they aligned with a ‘strong’ sustainable development? Journal of Cleaner Production, vol. 252, 119574, 10 apr. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0959652619344440> acesso em: 25 jun.2022.
- [7] ISO. *Sustainable Development Goals. Goal 9: industry, innovation and infrastructure: build resilient infrastructure, promote inclusive and sustainable. Industrialization and foster innovation*. 2022. Disponível em: <https://www.iso.org/sdg/SDG09.html>
- [8] ISO and innovation. ISO, 2019. ISBN 978-92-67-11087-5. Disponível em: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100444.pdf>
- [9] OECD.org. *The Innovation Imperative. Contributing to Productivity, Growth and Well-Being*. Disponível em: <https://www.oecd.org/site/innovationstrategy/defininginnovation.htm>
- [10] DEPCZYŃSKA, K. S., SZCZEPANIAK, A. K. et al. Innovation in sustainable development: an investigation of the EU context using 2030 agenda indicators. Land Use Policy. Vol 79. p.251-262. 2018. ISSN 0264-8377. <https://doi.org/10.1016/j.landusepol.2018.08.004>.
- [11] KYNČLOVÁ, P.; UPADHYAYA, S. et al. Composite index as a measure on achieving Sustainable Development Goal 9 (SDG-9) industry-related targets: The SDG-9 index. Applied Energy, Vol. 265, 114755, 1 may. 2020. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0306261920302671> acesso em: 25.jun.2022.
- [12] INETQI. International Network on Quality Infrastructure *Quality Infrastructure Definition*. 7.jul.2022. Disponível em: <https://www.inetqi.net/documentation/quality-infrastructure-definition/>
- [13] INMETRO. Metrologia Científica e Industrial. Inmetro. ago. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/metrologia-cientifica/metrologia-cientifica-e-tecnologia-2013-laboratorio-nacional-de-referencia-metrologica-do-brasil>
- [14] ABNT. Associação brasileira de Normas Técnicas. Sobre a normalização. Definição. 2022. Disponível em: <https://www.abnt.org.br/normalizacao/sobre>
- [15] INMETRO/ME. O que é avaliação da conformidade? 2021. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/aceso-a-informacao/perguntas-frequentes/avaliacao-da-conformidade/o-que-e-avaliacao-da-conformidade>

- [16] INMETRO. Acreditação. Inmetro/ME. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/inmetro/pt-br/assuntos/acreditacao/cgcre/acreditacao#:~:text=Acredita%C3%A7%C3%A3o%20%C3%A9%20o%20reconhecimento%20formal,realizar%20suas%20atividades%20com%20confian%C3%A7a.>
- [17] INMETRO. Portaria nº 194. Aprova o Regulamento de Vigilância de Mercado - Consolidado. 29.Abr.21. Parágrafo único. Disponível em: <http://www.inmetro.gov.br/legislacao/rtac/pdf/RTAC002814.pdf>
- [18] ISO. International Organization for Standardization. ISO publication on *Good Standardization Practices.*, 2019. Disponível em: <https://www.iso.org/files/live/sites/isoorg/files/store/en/PUB100440.pdf>
- [19] WEFORUM. *The Global Competitiveness 2019*. Index 4.0 Rankings. p110. Disponível em: http://www3.weforum.org/docs/WEF_TheGlobalCompetitivenessReport2019.pdf.
- [20] WTO. Standards and safety. Understanding the WTO: the agreements. 2022. Disponível em: https://www.wto.org/english/thewto_e/whatis_e/tif_e/agrm4_e.htm
- [21] UNFSS. United Nations Forum on Sustainability Standards. *Voluntary Sustainability Standards, Trade and Sustainable Development*. UN: 2018. 74p. P47. Disponível em: http://unctad.org/en/PublicationsLibrary/unfs_s_3rd_2018_en.pdf.
- [22] CNI. Confederação Nacional da Indústria. *propõe instrumento para reduzir barreiras ao comércio*. Agência de notícias da indústria: 20 jun. 2018. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/noticias/economia/cni-propoe-instrumento-para-reduzir-barreiras-ao-comercio/>
- [23] SHAHRIAR, Saleh. QIAN, Lu. et al. *The gravity model of trade: a theoretical perspective*. Review of Innovation and Competitiveness. Vol 5. ISSUE 1. 2019. Disponível em: DOI:10.32728/ric.2019.51/2
- [24] BEKELE, W. Teshome. MERSHA, F. Gelaw. *A Dynamic Panel Gravity Model Application on the Determinant Factors of Ethiopia's Coffee Export Performance*. Annals of Data Science. 2019. 6(4):787–806. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s40745-019-00198-4>
- [25] INMETRO. *Guia de boas práticas de regulamentação*. 2020. Disponível em: http://www.inmetro.gov.br/qualidade/pdf/guia_portugues.pdf



Gerenciamento de segurança no armazenamento de produtos químicos sob a ótica da segurança de processos

EIRIZ, Débora Nascimento¹; STOLZ, Carina Mariane²; HADDAD, Assed, Naked³
deboraeiriz@poli.ufrj.br¹, carinastolz@poli.ufrj.br², assed@poli.ufrj.br³.

¹ Eng. Química, Mestranda do Programa de Engenharia Ambiental, POLI/UFRJ.

² Eng. Civil, Dra., Professora POLI/UFRJ.

³ Eng. Civil, Dr., Professor POLI/UFRJ.

Informações do Artigo

Palavras-chave:
Gerenciamento
Segurança
Armazenamento

Resumo:

O gerenciamento de produtos químicos é uma fonte de preocupação constante dentro das empresas devido a sua alta variabilidade, complexidade e volumes movimentados e armazenados. Se tratando de instituições de ensino e pesquisa, a questão se torna ainda mais urgente, pois a falta de regulamentação e controle eficientes, brechas na legislação, falta de comunicação, conhecimento e cultura de segurança no armazenamento; tudo isso aliado a ferramentas de gerenciamento de risco inexistentes ou, caso existam, primitivas e desatualizadas; resultam em um ambiente propício a ocorrência de acidentes que podem causar perdas pessoais, patrimoniais ou doenças ocupacionais. Neste trabalho construiu-se um plano de gerenciamento de riscos contendo 18 requisitos fundamentais segundo princípios da segurança de processos, baseado no modelo de gerenciamento de segurança baseada em risco (RBPS) do CCPS, nos sistemas de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO) da ANP, na NR-01 do Ministério do Trabalho e Previdência, no Process Safety Management (PSM) da OSHA e no Risk Management Plan (RMP) da EPA. Como resultado, apresenta-se a estrutura modelo de um plano de gerenciamento tangível de ser aplicado em unidades de armazenamento de produtos químicos em instituições de ensino e pesquisa, visando preencher uma lacuna metodológica e evitar situações de risco nestes locais.

Abstract:

Chemical management is a constant source of concern within companies due to its high variability, complexity, and the volumes being handled and stored. When it comes to educational and research institutions, the issue becomes even more urgent because of the lack of efficient regulation and control, loopholes in legislation, lack of communication, knowledge, and a safety culture in storage. All of this, coupled with nonexistent or, if they do exist, primitive and outdated risk management tools, results in an environment conducive to accidents that can lead to personal and property losses or occupational diseases. In this work, a risk management plan was constructed containing 18 fundamental requirements based on process safety principles. It is based on the Risk-Based Process Safety (RBPS) model from CCPS, the Operational Safety Management Systems (SGSO) from ANP, NR-01 from the Ministry of Labor and Social Security,

the Process Safety Management (PSM) from OSHA, and the Risk Management Plan (RMP) from EPA. As a result, a model structure for a tangible risk management plan applicable to chemical storage units in educational and research institutions is presented. This aims to fill a methodological gap and prevent risky situations in these locations.

1. Introdução

O gerenciamento dos riscos relacionados à produtos químicos é uma parte essencial do sistema de gestão de uma organização, e visa minimizar os impactos negativos, seja para o processo, os trabalhadores e/ou para a sociedade. Ele requer monitoramento e tempo hábil de resposta com base em uma abordagem probabilística, visando: “a identificação de sinais de condições anormais, a avaliação do risco existente e adoção de medidas de controle ou eliminação por parte dos tomadores de decisão” [1].

A única forma de reduzir os riscos é pela adoção de salvaguardas ou dispositivos de segurança, ou seja, pela implementação de recursos de projeto, equipamentos ou procedimentos que visam diminuir a probabilidade ou reduzir a gravidade do cenário [2].

A análise de riscos é o emprego de estimativa qualitativa, semiquantitativa ou quantitativa, utilizando-se de técnicas estruturadas, para se identificar possíveis cenários acidentais e suas frequências e severidades associadas [3]. Pode ser aplicada a um equipamento, processo, instalação ou organização, com foco em reconhecer os riscos associados de um sistema, seus modos de falha, novas possibilidades de eventos e novas formas de falha, a fim de adotar ferramentas de prevenção eficazes.

O enfoque deste estudo se volta para os almoxarifados, armazéns ou depósitos de produtos químicos em instituições de ensino e pesquisa, onde a falta de regulamentação e controle eficientes, brechas na legislação, falta de comunicação, conhecimento e cultura de segurança no armazenamento de produtos químicos; tudo isso aliado a ferramentas de gerenciamento de risco inexistentes [4] ou,

caso existam, insuficientes ou desatualizadas; criam um ambiente propício a ocorrência de acidentes que podem resultar em afastamentos, doenças ocupacionais, perdas pessoais ou patrimoniais.

Muitas vezes, espaços de depósito não têm a devida atenção das organizações quanto a segurança e o gerenciamento de riscos, quando em comparação ao processo produtivo em si, ainda assim, são fundamentais para o êxito nos negócios de qualquer empresa, visto que neles se concentram boa parte de seus ativos financeiros, materializados como matérias-primas, insumos e/ou produtos finais [5]. Desta forma, precisam ser gerenciados adequadamente, não só em relação ao seu quantitativo e controle de estoque, mas levando em conta a questão do armazenamento seguro.

2. Metodologia

A metodologia deste trabalho se baseou numa pesquisa documental, bibliográfica exploratória, com o intuito de facilitar o entendimento dos conceitos e apresentar de forma concisa os elementos integrantes da segurança de processo que tangenciam o tema de gerenciamento de risco no armazenamento de produtos químicos. Realizou-se uma busca de artigos nas bases eletrônicas de dados indexadas: *Web of Science*, SCOPUS, SCIELO, Periódicos Capes e Google Acadêmico. Pesquisou pelas palavras-chave: “*Risk Management*”, *Risk Assessment*”, “*Risk Analysis*”, “*Storage*” e “*Chemical**”, através de suas combinações e utilização de operadores booleanos. Tais operadores; como AND, OR ou NOT; informam às plataformas de busca como se deve combinar os termos a fim de restringir a busca bibliográfica. Não se

limitou a pesquisa por filtros em ano de publicação ou idioma.

Na condução da revisão bibliográfica utilizou-se de documentos: artigos científicos, teses, dissertações, notas técnicas, boletins informativos, regulamentações (nacionais e internacionais), livros-texto; a fim de obter um *overview* da área de segurança de processos e trazer conceitos em comum aplicáveis a setores de armazenamento em unidades de instituições de ensino e pesquisa.

Na construção do protocolo de gerenciamento voltado às unidades de armazenamento em instituições de ensino e pesquisa utilizou-se como base de construção: o modelo de sistema de gerenciamento de segurança baseada em risco (RBPS) do CCPS [6], os regulamentos técnicos do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional da ANP nº 43/2007 e nº 05/2014 [7,8], a norma regulamentadora NR-01 do Ministério de Trabalho e Previdência do Governo Federal [9] e o programa de gerenciamento de riscos ocupacionais das agências regulatórias OSHA e EPA [10].

3. Revisão Bibliográfica

3.1 Armazenamento de produtos químicos e seus riscos associados

Os principais riscos envolvidos em locais de armazenamento de produtos químicos se baseiam na liberação acidental de produtos perigosos por perda de contenção (derramamentos e vazamentos) que podem ocasionar, incêndios e explosões e liberações tóxicas. Neste contexto, solventes orgânicos são a fonte mais comum deste tipo de acidente nas indústrias químicas [11].

O incêndio consiste numa situação contendo fogo não controlado, já a explosão consiste numa liberação de energia abrupta. A partir de um evento iniciador, uma situação de incêndio pode ocasionar uma explosão e vice-versa. A diferença básica entre incêndios e explosões se dá pela taxa de liberação de energia, que é muito superior na explosão. Incêndios envolvem propagação de radiação

térmica a partir de reações de combustão enquanto explosões envolvem uma descontinuidade de pressão ou ondas de choque e pode ser de origem química ou puramente mecânica [12].

A ocorrência de incêndios ou explosões se dá pela formação de uma condição de atmosfera explosiva, que consiste em uma mistura com o ar, sob condições atmosféricas, de substâncias inflamáveis na forma de gás, vapor, névoa ou poeira, na qual após ignição, a combustão se propaga através da mistura não consumida [13].

Atmosferas explosivas relacionadas a líquidos e gases inflamáveis resultam da presença e combinação de três elementos: combustível, comburente e fonte de ignição. Este conceito foi atualizado, onde acrescentou-se a fator reação em cadeia além dos três elementos iniciais (Figura 1). A reação em cadeia é o que sustenta o incêndio e o retroalimenta [14].

Tratando-se de poeiras combustíveis, dois elementos precisam estar presentes para propiciar a deflagração: dispersão das partículas (em suficiente quantidade e concentração); e confinamento [15]. As poeiras podem se acumular nas superfícies (vigas, estantes, equipamentos) e permanecer durante anos até que um evento primário se materialize. A onda de pressão originada por um evento de deflagração de pós serve como combustível para explosões secundárias [16]. Desta forma, é fundamental o controle da emissão ou liberação de poeira fugitivas, adotando-se medidas de prevenção e projetos de instalações que evitem que a poeira migre e se acumule.

Existem quatro princípios de proteção que devem ser observados em etapas, frente a um cenário de potencial formação de atmosfera explosiva, são eles: prevenir a presença de uma fonte de ignição; em caso negativo; prevenir que a fonte de ignição se torne efetiva; em caso negativo; prevenir que a potencial atmosfera explosiva atinja a fonte de ignição, em caso negativo; prevenir a propagação das chamas garantindo seu enclausuramento [17].

3.2 Possíveis cenários acidentais

Um cenário é um evento ou sequência de eventos que levam a uma consequência indesejada. Ele se materializa a partir de uma causa inicial, que associado a uma condição habilitadora, leva a um desvio no modo normal de operação [18].

As principais consequências que podem se materializar a partir de um evento inicial e suas definições, de acordo com o CCPS *Process Safety Glossary* [19], são:

- *Flash fire*: consiste em um incêndio extremamente rápido em nuvem de vapor onde a massa envolvida não é suficiente para atingir estágio de explosão;
- *Jet fire*: acontece quando há um escoamento de gás inflamável sob alta velocidade e pressão que encontra uma fonte de ignição no ponto de vazamento;
- *Fireball*: acontece quando um volume de vapor inflamável comprimido escapa rapidamente da contenção. Devido a depressurização rápida, forma-se um volume esférico cuja superfície queima a partir da periferia e eleva-se pela redução de densidade causada pelo superaquecimento;
- *Incêndio em poça*: ocorre a partir de um rompimento ou furo em um tanque, esfera, tubulação, etc., onde o produto estocado é lançado sobre o solo formando uma poça e sofre ignição;
- Dispersão atmosférica (*Puff/Pluma*): consiste no transporte e dispersão de gases para longe da fonte emissora, pela ação do vento. A pluma consiste numa liberação contínua de conteúdo com queda da concentração de material conforme se distancia da fonte, já o puff consiste numa liberação instantânea que mantém sua concentração ao longo do tempo;
- Explosão de nuvem vapor confinado (VCE): acontece na combustão de uma mistura inflamável em ambiente fechado, onde maior parte da energia se desenvolve na forma de ondas de choque;

- Explosão de nuvem vapor não confinado (UVCE): evento de explosão em nuvem de vapor em instalações abertas com presença de substâncias inflamáveis, onde a maior parte da energia total se desenvolve na forma de radiação térmica;

- *Boiling liquid expanding vapour explosion* (BLEVE): trata-se de uma explosão de vapor expandido por um líquido em ebulição. Evento puramente físico em que o tanque ao ser aquecido e sob constante aumento de pressão interna, se rompe catastróficamente

- *Runaway Reaction*: reação exotérmica instável com taxa de reação descontrolada, levando a aumentos drásticos de temperatura e pressão.

3.3 Principais métodos de gerenciamento de riscos

- Análise Preliminar de Riscos ou Perigos (APR/APP)

Técnica simples e indutiva comumente empregada antes de um estudo mais completo. Pode ser empregada desde a etapa concepção, assim como ao longo de toda a vida útil do projeto, seja para fins de modificação, revisão ou como precursora de estudos adicionais [20]. A única diferenciação entre APR e APP é que nesta última, geralmente não se faz classificação de risco através da matriz de tolerabilidade de riscos, estima-se somente a severidade.

- Estudo de perigo e operabilidade (HazOp)

A técnica investiga causas e consequências dos desvios da intenção de projeto a partir de um estudo de nós de um processo e emprego de palavras-guia, oferecendo recomendações para que o evento não ocorra. Este estudo é mais comumente realizado no estágio de detalhamento do projeto, quando já há disponível um diagrama completo da instalação, mas alterações ainda são praticáveis, pode também ser empregado ao longo da vida útil, revisões de segurança ou alterações na planta [20].

- Análise de Modos de Falha e Efeitos (FMEA)

Técnica utilizada para listar as formas em que componentes, sistemas ou processos podem falhar em atender o intuito de seu projeto, além de identificar os efeitos dessas falhas, seja para o próprio equipamento, sistema, planta ou meio ambiente. Cada equipamento é considerado de forma singular, desta forma fornece pontos de atenção e melhoria, além de permitir uma ordenação de prioridade de acordo com a severidade designada [21].

- *What-if*

Estudo sistemático, baseado em brainstorming e questionamento voltado para uma equipe multiprofissional experiente na área. Utiliza-se um conjunto de palavras ou frases de “comando” para estimular o questionamento sobre: “o que pode dar errado?”, de modo a estimular os participantes a identificar os possíveis riscos, explorar cenários, suas causas, consequências e impactos [21].

- *Checklist*

Técnica empregada para encontrar desvios, verificando os parâmetros frente aos padrões estabelecidos em uma lista. Apresenta uma estrutura fixa, onde itens que não estão previstos não são verificados. Desta forma, deve ser constantemente revisada a fim de garantir negligência de riscos ou fatores importantes que não são usualmente conferidos [20].

- Análise por Árvore de Falhas (AAF)

Estudo conduzido na análise quantitativa de riscos e baseia-se na construção de um fluxograma verticalizado com um cenário acidental específico, chamado de evento principal ou evento topo. Através de combinações de eventos básicos e intermediários, portões lógicos e dados de taxa de falha de equipamentos; calcula-se a probabilidades de ocorrência do evento topo [18].

- Análise por Árvore de Eventos (AAE)

Baseia-se na construção de um diagrama horizontal que se inicia com uma falha, por exemplo, de um equipamento, o que pode desencadear eventos múltiplos e o acionamento de camadas de proteção sequencias. Calcula-se as probabilidades em cada etapa até se chegar as probabilidades de diferentes consequências [18].

- *BOW-TIE*

A técnica consiste em uma ferramenta gráfica que descreve os caminhos de um evento, desde as causas até as consequências, onde seu foco está nas camadas de proteção. As barreiras preventivas são posicionadas entre as causas e o evento topo, enquanto que as barreiras mitigadoras são posicionadas entre o evento topo e as consequências [20].

4. Desenvolvimento

Alguns modelos de gerenciamento de riscos sob a ótica da segurança de processos podem ser utilizados como base para a construção de um plano de gerenciamento de riscos robusto voltado para o ambiente das instituições de ensino e pesquisa. Apesar desta realidade não se tratar de plantas ou operações industriais, os princípios fundamentais podem ser adaptados e aplicados aos setores de armazenamento de produtos químicos nestas instituições.

O primeiro modelo a ser estudado é o de gerenciamento de segurança baseada em risco do CCPS (*risk-based process safety* - RBPS), contendo 20 elementos fundamentais que se subdividem em 4 pilares: comprometimento com a segurança, entendimento de perigos e riscos, gerenciamento de riscos e aprendizado com a experiência [6].

O segundo modelo é da Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP), levando-se em conta que é de sua competência estabelecer e fiscalizar regras para que as empresas reguladas garantam a utilização das melhores práticas de segurança operacional e de engenharia na proteção da saúde humana e do meio ambiente durante a condução de suas

atividades. Utilizou-se como referência os Regulamentos Técnicos do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional da Agência Nacional de Petróleo [7,8], , que estabelecem 17 práticas de gestão subdivididas em três grupos: práticas de Gestão relativas à: Liderança, pessoal e gestão; Instalações e tecnologia e Práticas operacionais.

O terceiro modelo é baseado na norma regulamentadora brasileira do Ministério do Trabalho e Previdência que estabeleceu na NR-01 o programa de gerenciamento de riscos ocupacionais contendo como documentos mínimos o inventário de riscos e plano de ação [9].

O quarto modelo, é pautado nos requisitos normativos em comum entre as agências regulatórias OSHA e EPA, listados no site do governo dos Estados Unidos [10] e seus respectivos planos de gerenciamento: Gerenciamento de Segurança de Processo da OSHA (*Process Safety Management - PSM*) e os elementos do Plano de Gerenciamento de Riscos da EPA (*Risk Management Plan - RMP*). Ambos os documentos foram desenvolvidos para atingir o mesmo objetivo, prevenir a liberação acidental de substâncias perigosas.

Os requisitos dos diferentes programas de gerenciamento de riscos estudados estão dispostos no Quadro 1, constante no Anexo A, mostrando como se correlacionam entre si.

Com base nos modelos de gerenciamento apresentados, construiu-se a estrutura modelo de documento para um plano de gerenciamento aplicável as instituições de ensino e pesquisa que armazenam produtos químicos, visando preencher uma lacuna metodológica e sistematizar quais as informações são necessárias e como elas devem ser dispostas. A estrutura do documento é dividida em 18 itens, exibidos no Quadro 2, os quais são apresentados a seguir, com suas respectivas instruções.

Quadro 2 – Estrutura do Plano de Gerenciamento de Riscos

Gestão de Informações e Documentação
Envolvimento do pessoal
Cultura de segurança, compromisso e responsabilidade gerencial
Qualificação, treinamento e desempenho do pessoal
Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos
Seleção, Controle e Gerenciamento de Empresas Contratadas
Melhoria Contínua do Desempenho
Auditorias
Monitoramento
Investigação de Incidentes
Projeto, Construção, Instalação e Desativação
Elementos Críticos de Segurança
Identificação de perigos e análise de riscos
Integridade mecânica
Planejamento e gerenciamento de grandes emergências
Procedimentos Operacionais
Gerenciamento de mudanças
Práticas de trabalho seguro e procedimentos de controle em atividades especiais

Fonte: Autoria própria

4.1. Gestão de Informações e Documentação

Deve-se definir procedimentos de controle, acesso e disponibilidade das informações. Os documentos importantes para situações de emergências devem ser mantidos prontamente disponíveis no local de armazenamento, como as FISPQ's e o Plano de Resposta e Emergência (PRE);

Ao realizar o inventário de substâncias químicas, informar sobre a capacidade máxima de armazenamento, quantitativo e relação das substâncias armazenadas com informações básicas como:

- Número de identificação: CAS e n° ONU;
- Limites de exposição admissíveis (CL50 e DL50);
- Dados físicos: Pressão de vapor a 25°C, ponto de fulgor (PF), Limite inferior de inflamabilidade (LII) densidade, teor, pontos de fusão e ebulição, IDLH;

- Características de periculosidade (toxicidade, inflamabilidade, corrosividade, etc.): Para esta classificação, além de se utilizar das informações de acordo com a FISPQ, pode-se realizar a classificação de periculosidade e inflamabilidade de acordo, por exemplo, com a norma CETESB, P4.261 [22], para tomada de decisão quanto à necessidade ou não de um EAR pela comparação entre as distâncias em relação a substância alvo: distância de referência (dr) e distância à população de interesse (dp). Pode-se também utilizar como referência a Resolução nº 3.965 [23], onde se calcula o índice de risco (IR) para cada substância verificando quais delas apresenta $IR > 1$, o que indicaria uma maior necessidade de monitoramento e gerenciamento para tal substância.

- Incompatibilidades químicas e características especiais de armazenamento;

No arranjo geral da instalação e equipamento, incluir: a identificação do empreendimento, os dados climáticos, a localização de pontos de água, a localização dos equipamentos de emergência principais equipamentos e tubulações, o diagrama de classificação elétrica, dados elétricos (diagramas unifilares), a localização do quadro geral de luz, materiais construtivos, a classificação de áreas, os sistemas de segurança e controle (P&ID), intertravamentos, detecção ou sistemas de supressão), ao códigos e normas de projeto, quando aplicáveis.

4.2. Envolvimento do pessoal

Garantir a participação da força de trabalho no desenvolvimento, implementação e revisões periódicas programadas do plano de gerenciamento de riscos, assim como promover atividades de conscientização e atualização em segurança. Permitir um ambiente em que todos os envolvidos se sintam parte integrante, tenham acesso à informação e possam trazer suas opiniões e contribuições para o fortalecimento do gerenciamento de segurança, como por exemplo, através de questionários ou reuniões de *feedback*.

4.3. Cultura de segurança, compromisso e responsabilidade gerencial

Descrever a estrutura organizacional com definição de responsabilidades e atribuições do pessoal envolvido. Algumas atitudes são importantes neste quesito, como garantir um ambiente de comunicação aberta e efetiva, manter um senso de vulnerabilidade e sensibilização em questões segurança, revisão de lições aprendidas, reforço das responsabilidades individuais e consequências originada por desvios e condutas irregulares.

4.4. Qualificação, treinamento e desempenho do pessoal

Definir os níveis de treinamento, qualificação, competência, habilidade e conhecimento específicos para realizar certas operações, inspeções, manutenções e outras atividades cabíveis aos locais de armazenamento.

Estabelecer medidas para adquirir ou manter a capacitação de pessoal, com reciclagem periódica dos requisitos de segurança e procedimentos operacionais. Garantir o reconhecimento dos riscos envolvidos, mantendo evidência documentada de que a força de trabalho tenha recebido treinamento adequado ao exercício de suas funções.

4.5. Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos

Analisar aspectos do ambiente de trabalho passíveis a ocorrência de falha humana, por exemplo: códigos, padrões, ergonomia cognitiva e sinalizações. evitando situações e condições que possam provocar incidentes.

4.6. Seleção, Controle e Gerenciamento de Empresas Contratadas

Garantir que os contratados e terceirizados sejam capacitados quanto às práticas de trabalho seguro, conhecimento dos riscos e perigos existentes, assim como os procedimentos em caso de emergência. Manter evidência documentada de que tenham recebido treinamento adequado.

4.7. Melhoria Contínua do Desempenho

Estabelecer indicadores de desempenho e metas que avaliem a eficácia do sistema de gerenciamento da segurança, de acordo com os objetivos fixados e um sistema de ações corretivas e preventivas quando constatado desempenho insuficiente.

Buscar a melhoria contínua através da redução dos riscos, utilizando-se de medidas como: eliminação de perigos; substituição de processos, substâncias, materiais e equipamentos por outros; controle de engenharia e reorganização do trabalho; controles administrativos e treinamento e por fim, equipamentos de proteção individual.

4.8. Auditorias

Auditorias tem como benefício identificação de janelas de oportunidade para melhorias, aumento da sensibilização para segurança e maior confiança relacionada ao atendimento da legislação. Quando necessário e aplicável, estabelecer de forma objetiva e imparcial auditorias do sistema de gerenciamento de riscos, incluindo aspectos relacionados à segurança, meio-ambiente e saúde, sejam elas auditorias internas (pessoal da própria organização) ou externas (de segunda ou terceira parte).

4.9. Monitoramento

Monitorar regularmente, as características principais de operações e atividades que possam causar incidentes com avaliação periódica do atendimento à legislação e regulamentos de segurança pertinentes ao armazenamento de produtos químicos. Documentar a implementação ou não das ações corretivas e preventivas, assim como as recomendações provenientes das auditorias, justificando a não adesão, em caso de rejeição.

4.10. Investigação de Incidentes

Guardar registro dos incidentes e acidentes ocorridos, para posterior implementação de ações que visem impedir ou minimizar a possibilidade de recorrência do mesmo. Informações relevantes: data;

metodologia de análise, descrição do tipo de incidente/acidente, instalações, processos, equipamentos e atividades envolvidas; consequências; causas identificadas; fatores contribuintes; ações preventivas e corretivas implementadas; avaliação de tendências das não-conformidades e recomendações.

4.11. Projeto, Construção, Instalação e Desativação

Em todas as etapas, considerar a conformidade com normas, padrões e boas práticas relacionadas à segurança; seja na aquisição de itens, instalação e equipamentos, disposição de materiais, intervenções humanas e alterações de layout.

4.12. Elementos Críticos de Segurança

Consistem em equipamentos, sistemas ou procedimentos essenciais para a prevenção ou mitigação, que em caso de falha podem conduzir a um acidente ou quase-acidente. Desta forma devem ser contabilizados e checados periodicamente. Nesta sessão constam os sistemas de combate a incêndio, sistemas de alarme, iluminação, detecção de fogo e gás, e outros que necessitam de prontidão em caso de emergência.

4.13. Identificação de perigos e análise de riscos

As análises de riscos fazem parte do principal elemento de gestão do Plano de Gerenciamento de Riscos, pois são elas norteiam para os perigos existentes e os riscos que serão de fato gerenciados. Os perigos podem ser decorrentes de: infraestrutura, equipamentos, materiais, substâncias, condições físicas do local, manutenção, disposição, fatores humanos, etc. Dentre os métodos cabíveis, pode-se utilizar ferramentas qualitativas como: Análise preliminar de riscos (APR), *What-if*, *Checklist* e até o auxílio da representação gráfica do *Bow-Tie*. De preferência, utilizar-se inicialmente ao menos a técnica de APR em seguida combiná-la com uma ou mais destas outras ferramentas.

O relatório de identificação e análise de riscos deve incluir: justificativa e descrição da metodologia de análise utilizada, identificação e análise dos riscos, classificação dos riscos, recomendações e conclusões. Este documento deverá estar disponível para consulta durante a realização de auditorias, inspeções ou verificações da instalação.

4.14. Integridade mecânica

Definir as inspeções, testes e manutenções necessárias dos sistemas, estruturas, equipamentos e sistemas críticos de segurança; de forma planejada e controlada, buscando a integridade mecânica e adequação ao uso pretendido. Deverão estar incluídos neste item os procedimentos de manutenção, os programas de inspeção, cronogramas de manutenções preventivas e o arquivo dos dados de equipamentos.

4.15. Planejamento e gerenciamento de grandes emergências

Após identificar, na etapa de Identificação e Análise de Riscos, as grandes emergências e descrever os cenários acidentais associados; deve-se avaliar a capacidade de resposta à cada cenário acidental e apresentar as ações efetivas de resposta a emergências.

Elaborar o Plano de Resposta e Emergência (PRE) da instalação, contendo os procedimentos de preparação e de resposta, como os recursos disponíveis, equipamentos e estrutura organização de resposta serão acionados e compartilhados, identificação do responsável legais, procedimento de comunicação do acidente, cenários acidentais, sistemas de alerta, etc.,

Normalmente, as ferramentas do PRE são: Brigada de Emergência, Sistemas de Prevenção e Combate a Incêndio e de Alarme, Equipamentos de Proteção, Veículo de Emergência, Inspeções Periódicas (checklist), Procedimentos de Emergência, Áreas de Riscos Envolvidas, Impactos Ambientais e Informações Técnicas, Estrutura (estrutura de apoio, equipe de combate, equipe socorrista), Análise e Revisões do

PRE e outros Planos (PEI, Plano de Comunicação, Plano de Apoio Hospitalar, Pré-planos, Planos Integrados).

Na descrição dos equipamentos e materiais de resposta deve-se apresentar: nome, tipo e características operacionais; quantidade disponível; localização; tempo máximo estimado de deslocamento para o local de utilização; limitações para o uso e EPIs a serem utilizados pelas equipes de resposta.

4.16. Procedimentos Operacionais

Identificar quais atividades necessitam de protocolos padronizados e seu nível de detalhamento, garantindo que todos tenham conhecimento e acesso ao conteúdo, a fim de utilizá-lo como ferramenta de aumento de performance e treinamento. Revisar os procedimentos operacionais periodicamente, de modo que estejam sempre atualizados e representem práticas operacionais claras, concisas e específicas para realização das tarefas com segurança.

4.17. Gerenciamento de mudanças

Esta etapa é fundamental para reconhecer e avaliar quais situações necessitam de modificações, e que estas não adicionem perigos ou aumentem os riscos existentes no ambiente. Para tal, deve-se efetuar uma avaliação inicial dos possíveis efeitos da implementação da modificação, identificar os perigos e riscos associados e as respectivas medidas de controle e monitoramento. A mudança, seja ela permanente, temporária ou emergencial, deve ser registrada, de ciência de todos os envolvidos, estar em conformidade com os requisitos de segurança e não impactar o desempenho ou acrescentar riscos ao ambiente.

Elas podem ser classificadas como em mudanças de: produtos, serviços, processos, padrões, procedimentos, operações, instalações, força de trabalho, tecnologia, requisitos legais, entre outros.

4.18. Práticas de trabalho seguro e procedimentos de controle em atividades especiais

Atividades que necessitam da emissão de permissão de trabalho e outros mecanismos de controle, como as que envolvem trabalho em espaços confinados, à quente, em altura, em redes de alta tensão, entre outros; devem ser planejadas e realizadas em conformidade de acordo com os procedimentos de trabalho e segurança, sob supervisão e anuência expressa de profissional habilitado.

5. Considerações Finais

Através deste trabalho foi possível construir um modelo geral de protocolo para gerenciamento de risco aplicável ao armazenamento de produtos químicos, levando em conta os conceitos da área de segurança de processos, com o objetivo de trazer um maior enriquecimento e rigor técnico ao se considerar os riscos existentes em tais espaços, muitas vezes negligenciados por não estarem inseridos numa ótica industrial ou sob algum tipo de fiscalização compulsória das suas condições ambientais e de saúde e segurança para os com os que com ele interagem, de forma direta ou indireta.

A pesquisa bibliográfica trouxe um *overview* de pontos importantes como as principais situações de risco envolvidas no armazenamento de produtos químicos e os possíveis cenários acidentais que podem intercorrer nesses espaços.

6. Referências

- [1] REGAN, P. J.; PATÉ-CORNELL, M. E. *Normative engineering risk management systems*. Reliability Engineering and System Safety, v. 57, n. 2, p. 159–169, 1997.
- [2] CCPS. Center for Chemical Process Safety. *Indicadores de segurança de processos. Guia de seleção de indicadores proativos e reativos*. Tradução realizada pela RSE CONSULTORIA, 2019. 71p.
- [3] BAHIA. CEPRAM - Conselho estadual do meio ambiente (Estado). *Resolução n° 4.578, de 29 de setembro de 2017. Norma Técnica NT – 01/2017: Análise e gerenciamento de riscos acidentais para substâncias perigosas*. Bahia, BA. 2017.
- [4] JARDIM, W. F. *Gerenciamento de resíduos químicos em laboratórios de ensino e pesquisa*. Química Nova, v. 21, No. 15, p. 671-673, 1998.
- [5] PAOLESCHI, B. *Almoxarifado e gestão de estoques: do recebimento, guarda e expedição à distribuição do estoque*. 2ª Edição. São Paulo: Érica, 2014.
- [6] CCPS. Center for Chemical Process Safety. *Risk Based Process Safety Overview*. American Institute of Chemical Engineers. 2014. 44p.
- [7] ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Resolução n° 43, de 06/12/2007. Institui o Regime de Segurança Operacional para as Instalações de Perfuração e Produção de Petróleo e Gás Natural e aprova o Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional (SGSO)*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2007.
- [8] ANP. Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis. *Resolução n° 5 de 29/01/2014. Aprova o Regulamento Técnico ANP n° 2/2014 - Regulamento Técnico do Sistema de Gerenciamento da Segurança Operacional para Refinarias de Petróleo*. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 2014.
- [9] BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. *NR 1 – Disposições gerais e gerenciamento de riscos ocupacionais*. Brasília, DF, 2020.
- [10] USDL. United States Department of Labor. *Occupational Safety and Health Administration Process Safety Management and Risk Management Plan Regulatory Requirements*. [S.I.][2018?]. Disponível em: <https://www.osha.gov/laws-regs/regulations/standardnumber/1910/1910.119>. Acesso em 04/11/22.

- [11] CROWL, D. A.; LOUVAR, J. F. *Chemical process safety: fundamentals with application*. 3.ed. Boston, MA: Pearson Education, Inc. 2011. 843p.
- [12] CCPS. Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for Vapor Cloud Explosion, Pressure Vessel Burst, BLEVE and Flash Fire Hazards*, 2nd Edition. 2010. 456p.
- [13] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 60079-14:2006 – Atmosferas explosivas - Parte 14: Projeto, seleção e montagem de instalações elétricas*. Rio de Janeiro, 2006 xp.
- [14] FSAC. Fire Safety Advice Centre. *Information about the Fire Triangle/Tetrahedron and Combustion*. 2011. Disponível em: <https://www.csb.gov/bp-america-refinery-explosion/>. Acesso em: 31 jan. 2023.
- [15] OSHA. *Firefighting Precautions at Facilities with Combustible Dust*. 2013 Disponível em: https://www.osha.gov/sites/default/files/publications/OSHA_3644.pdf. Acesso em: 15 nov. 2022.
- [16] CSB. *West Pharmaceutical Services Dust Explosion and Fire*. 2004. Disponível em: <https://www.csb.gov/west-pharmaceutical-services-dust-explosion-and-fire/>. Acesso em: 31 jan. 2023.
- [17] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 80079-36:2018. Atmosferas explosivas. Parte 36: Equipamentos não elétricos para atmosferas explosivas. Métodos e requisitos básicos*. Rio de Janeiro, 2018 xp.
- [18] CCPS. Center for Chemical Process Safety. *Guidelines for hazard evaluation procedures*. 2008. 549p.
- [19] CCPS. Center for Chemical Process Safety. *CCPS Process Safety Glossary*. 2023. Disponível em: <https://www.aiche.org/ccps/resources/glossary> . Acesso: 10 jan 2023.
- [20] ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. *NBR 31010:2012 - Gestão de Riscos - Técnicas para o processo de avaliação de riscos*, 2012 xp.
- [21] RUPPENTHAL, J. E. *Gerenciamento de riscos*. Universidade Federal de Santa Maria, Colégio Técnico Industrial de Santa Maria; Rede e-Tec Brasil, 120 p, 2013.
- [22] CETESB. Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. *P4.261 – Risco de Acidente de Origem Tecnológica – Método para decisão e termos de referência*. 2ª ed., p.140, 2011.
- [23] CEPRAM - Conselho Estadual do Meio Ambiente. Resolução nº 3.965, de 11 de agosto de 2009. *Norma Técnica NT – 01/2009: Gerenciamento de risco no Estado da Bahia*. Bahia, BA. 2009.

7. Anexos e Apêndices

ANEXO A

Quadro 1 - Comparação entre requisitos de diferentes programas de gerenciamento de riscos

CCPS órgão não regulatório	RESOLUÇÃO ANP Nº 5 DE 29/01/2014 órgão regulatório brasileiro	NR 01 - Ministério do Trabalho e Previdência	PSM(OSHA) e RMP (EPA) órgãos regulatórios americanos
Cultura de segurança	Cultura de Segurança, Compromisso e Responsabilidade Gerencial	Respeito ao que está disposto nas demais Normas Regulamentadoras e demais exigências legais de SST	Informação de segurança de processos
Conformidade com as normas	-	-	-
Competência em segurança	Qualificação, Treinamento e Desenvolvimento do Pessoal	Capacitação e treinamento em Segurança e Saúde no Trabalho	-
Envolvimento da força de trabalho	Envolvimento do Pessoal	-	Participação da força de trabalho
Envolvimento das partes interessadas	-	-	-
Conhecimento do processo	-	-	-
Identificação de perigos e análise de riscos	Identificação e Análise de Riscos	Identificação de perigos e avaliação de riscos ocupacionais	Análise de Perigos do processo
Procedimentos operacionais	-	-	Procedimento Operacionais
Práticas de trabalho seguro	Ambiente de Trabalho e Fatores Humanos	-	Permissão de Trabalho a Quente
Integridade de ativos e confiabilidade	Integridade Mecânica	-	Integridade Mecânica
Gestão das contratações	Seleção, Controle e Gerenciamento de Empresas Contratadas	-	Contratadas
Treinamento e garantia de desempenho	-	Treinamento	Treinamento
Gestão de mudanças	-	-	Gestão de mudanças
Prontidão operacional	-	-	Revisão de segurança pré-inicialização
Conduita das operações	-	-	-
Gestão de emergências	Planejamento e Gerenciamento de Grandes Emergências	Preparação para emergências	Planejamento e Resposta a Emergências
Investigação de acidentes	Investigação de Incidentes	Análise de acidentes e doenças relacionadas ao trabalho	Investigação de Incidentes
Métricas e monitoramento	-	Documentação	-
Auditorias	Auditorias	-	Auditorias de Conformidade
Revisão de segurança e melhoria contínua	Monitoramento e Melhoria Contínua do Desempenho	-	-
-	Elementos Críticos de Segurança Operacional	-	-
-	Gestão da Informação e da Documentação	Da prestação de informação digital e digitalização de documentos	Sistema de gestão de documentos
-	-	-	Análise de pior cenário de liberação
-	-	-	Análise de cenário alternativo de liberação
-	-	-	Histórico de 5 anos de acidentes

Fonte: Autoria própria



Família paramétrica para paredes de Steel Frame

HOLANDA, Dackyson Kelwyn de Souza Lopes¹; SILVA, Jéssica Carolina Vieira da²;
 GUILLOU, Rafael Araújo³

dackysonkholanda@gmail.com¹; jessicaifal@gmail.com²; Rafael.guillou@ifal.edu.com³

Graduado em Engenharia Civil, Departamento de ensino superior, IFAL¹

Graduado em Engenharia Civil, Departamento de ensino superior, IFAL²

Prof. Me. em Engenharia Civil, Departamento de ensino superior, IFAL³

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Gerenciamento de projetos

Construção metálica

Modelagem de informação

da construção

Resumo:

O surgimento do BIM proporciona um agrupamento de informações necessário para o desenvolvimento de uma construção. Dessa maneira, a utilização do REVIT para a confecção de projetos paramétricos facilita as alterações de elementos construtivos caso necessário. Esses elementos são utilizados em projetos de LSF para que possa ocorrer uma melhor compatibilização de projetos. Assim, surge a necessidade de criar uma família paramétrica que possa ser incorporada nos mais diversos softwares, para que ocorra o agrupamento e trocas de elementos caso necessário. Nesse sentido, a família de treliças estruturais métricas, pois há a presença de elementos que possuem similaridade com os presentes em estruturas de LSF, como a correlação de teias e montantes. Isso resulta em uma parede com configuração de treliça que pode ser utilizada para disposição de paredes a partir de uma altura de 3 m e o comprimento desejado. Com isso, ocorre a produção dos manuais de criação de família e a criação do manual de utilização. Respeitando os passos preestabelecidos em ambos os manuais, realiza-se a reprodução da família de treliça desenvolvidas pelo presente projeto, para que assim possa ser utilizada da melhor forma.

Abstract:

The emergence of BIM provides a grouping of information necessary for the development of a construction. In this way, the use of REVIT to create parametric projects facilitates changes to construction elements if necessary. These elements are used in LSF projects so that better project compatibility can occur. Thus, there is a need to create a parametric family that can be incorporated into the most diverse software, so that elements can be grouped and exchanged if necessary. In this sense, the family of metric structural trusses, as there is the presence of elements that are similar to those present in LSF structures, such as the correlation of webs and uprights. This results in a wall with a lattice configuration that can be used to arrange walls from a height of 3 m and the desired length. This involves the production of family creation manuals and the creation of the user manual. Respecting the steps pre-established in both manuals, the truss family developed by this project is reproduced, so that it can be used in the best way.

1. Introdução

O desenvolvimento da indústria de softwares proporcionou o surgimento do Desenho Assistido por Computador (CAD) de modo que a produção dos desenhos começou a ser automatizada digitalmente. Entretanto, a busca pela perfeição por parte dos clientes, fez com que ocorresse uma nova fase no desenvolvimento desses softwares, chegando no Building Information Modeling (BIM), sendo esse responsável não mais por produções em 2D e sim por modelagens, sendo esses protótipos com parâmetros preestabelecidos, tendo geometria precisa e detalhes não encontrados no CAD [1].

O BIM surgiu como método de integração de diversas áreas da engenharia, agrupando dados para facilitar as etapas de projeto, orçamento e construção. Sendo um resultado positivo a compatibilização espacial, apresentando uma coerência em todos os projetos, tal como, os projetos arquitetônicos, complementares e estrutural, sendo desse modo uma das possíveis soluções para minimizar os riscos de execução [2].

As características presentes no BIM, são de importância para todo tipo de projeto, por exemplo, os projetos de Light Steel Frame (LSF), utilizam esse sistema para compatibilizar os diversos projetos (arquitetônico, elétrico, hidráulico, estrutural metálico) e ter um custo reduzido. Porque o sistema LSF é industrializado, necessita de precisão e controle dos perfis metálicos.

O LSF remete sua origem a meados do século XIX, tendo seu desenvolvimento atribuído ao avanço tecnológico impulsionado pela necessidade do surgimento de um método construtivo que suprisse as demandas originárias das grandes catástrofes que provocaram inúmeras perdas [3].

A utilização do sistema LSF possui boa recepção do mercado, pois suas principais características são a produção de obras secas, facilidade no manuseio e na montagem do sistema, o uso de perfis de aço. Sendo ainda responsável por diminuir o tempo de obra, graças a padronização de montagem, podendo

diminuir os custos da obra, já que ocorre uma diminuição considerável de desperdício de material (perfis, chapas), resultando em algo que todos os construtores buscam uma obra limpa, econômica e organizada [3].

2. Modelagem BIM

O BIM consiste em um conjunto que proporciona um apanhado de informações construtivas que serão utilizadas de forma organizada, envolvendo principalmente atividades humanas, não sendo um software como muitos acreditam, e sim um sistema que integraliza todas as informações no mesmo local, com desenhos em 3D parametrizados, e um banco de dados com suas informações [4].

2.1 Ferramenta para criação de família

Uma família é um grupo de elementos com um conjunto comum de propriedades chamado de parâmetros e uma representação gráfica relacionada. [5]

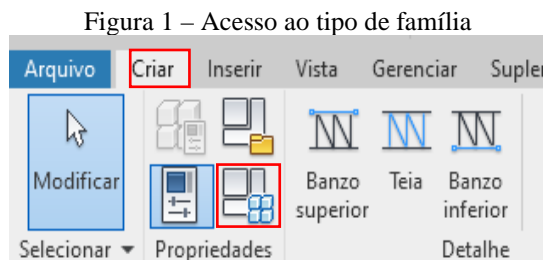
Logo, os elementos de uma família podem apresentar valores diferentes e mesmo assim pertencerem aos mesmos parâmetros, criando diferentes tipos de família. Existe ainda a possibilidade de criar instâncias dentro dos tipos de família, ou seja, sendo possível editar o parâmetro do elemento sem alterar toda a estrutura da família [5].

Desse modo, pode ser listado três tipos de famílias no sistema REVIT, famílias do sistema, famílias carregáveis, famílias no local [6].

- Famílias do sistema: não é possível utilizar ou salvar em projetos externos ao software;
- Famílias carregáveis: O oposto das famílias do sistema, pois podem ser criadas em arquivos externos, sendo de fácil carregamento no sistema;
- Famílias no local: possuindo a característica de alterar a geometria de um elemento no local.

2.1.1 Parametrização

Ocorre a criação de parâmetros personalizados para qualquer elemento ou categoria de projeto, existindo uma comunicação entre o armazenamento e informações dos elementos parametrizados. Esses são criados na aba de propriedades, com a ferramenta tipo de família, conforme a figura 1 [7].



Fonte: Autor

2.1.2 Aplicação de sintaxe em formulas

As fórmulas suportam operações tradicionais da matemática, tendo essas que serem inseridas conforme a tabela 1. É necessário que seja respeitado os nomes de parâmetros estabelecidos desde o início, caso contrário o programa não irá reconhecer o mesmo [7].

Tabela 1 – Exemplos de sintaxe

Função sintaxe	Descrição
round(x)	retorna um valor arredondado para o número inteiro mais próximo.
roundup(x)	retorna um valor para o maior valor inteiro maior do que ou igual a x.
rounddown(x)	retorna um valor para o menor valor inteiro menor do que ou igual a x.

Fonte: Adaptação (Autodesk) [7]

3. Light Steel Frame

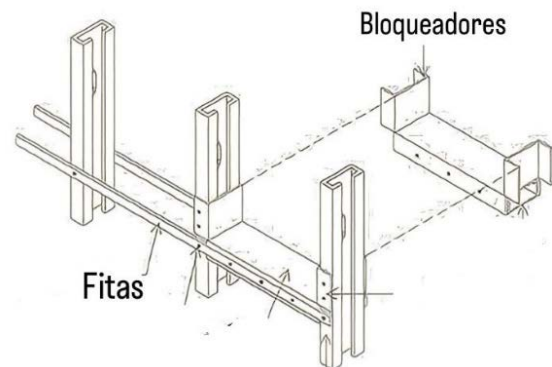
Da sentença “Steel Framing”, temos do inglês “Steel” que significa aço e “Framing” que é derivada da palavra frame que significa estrutura, logo steel framing nada mais é que uma estrutura de aço [9].

3.1 Elementos utilizados no sistema

Os manuais dos CBCA referenciam às principais definições dos elementos a serem utilizados nas estruturas de LSF [9,10].

- **Bloqueadores:** São perfis Ue ou U, utilizados nas extremidades dos painéis e a cada 3,6 m, tendo a principal finalidade enrijecer os painéis estruturas, possuindo 20 cm a mais que o espaçamento dos montantes, ficando 10 cm para cada lado conforme figura 2, sendo fixado aos montantes e a fita;
- **Fitas:** Elemento em aço galvanizado, possuindo largura mínima de 38 mm e espessura de 0,84, tendo como principal função diminuir a rotação dos montantes e diminuir a flambagem da peça. Sua instalação consiste na fixação da mesma em todos os montantes e nos bloqueadores de acordo com a figura 2, estando a cada 1 m para painéis de 3 m e a meia parede em painéis de até 2,5m. Quando inserida na diagonal tem função de contraventamento;

Figura 2 – Instalação de bloqueadores e fitas

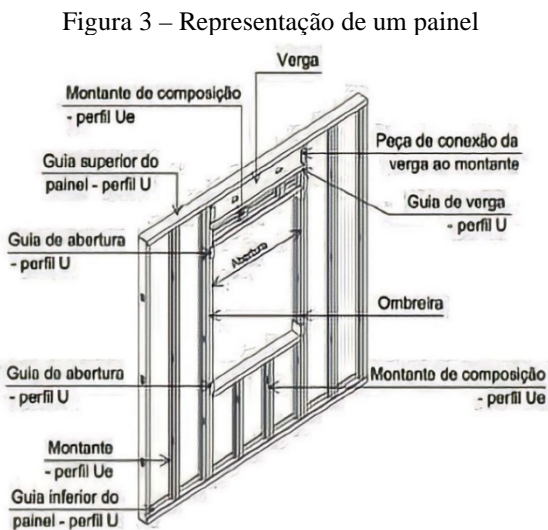


Fonte: Santiago [9]

- **Guia:** Tem como sua principal função servir como base ou topo dos painéis estruturais, igual observados na figura 3. Não podendo absorver nem distribuir os esforços dos painéis, pois essa é a função de outros elementos, exemplo os montantes;
- **Montantes:** Perfil Ue ou C utilizado na composição de painéis de paredes, condizentes com a figura 3, possuindo

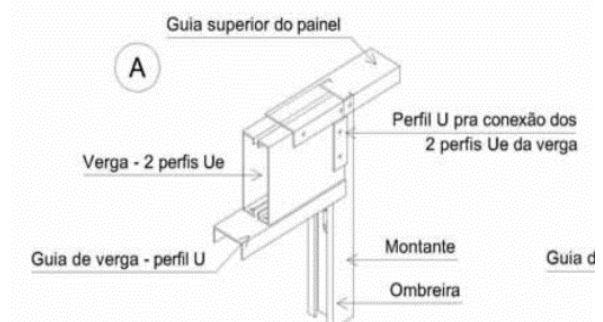
espaçamento a ser determinado pelos cálculos estruturais do projetista, entretanto só é permitido espaçamentos de 600 mm ou 400mm, uma de suas funções consiste em distribuir a carga dentro das paredes;

- Ombreira: O elemento consiste em perfis utilizados para o apoio das vergas em aberturas de esquadrias, conforme figura 3. A quantidade de ombreiras por vão é determinada por cálculo estrutural, ocorrendo fixação do elemento ao montante;
- Verga: Elemento composto por dois perfis Ue ligados pela extremidade, ligação essa que tende a ser com um perfil U, como mostrado na figura 4, ocorrendo a fixação nas ombreiras e possuindo uma guia superior e sendo utilizada em cima de aberturas de esquadrias, ver figura 3;



Fonte: Rodrigues [10]

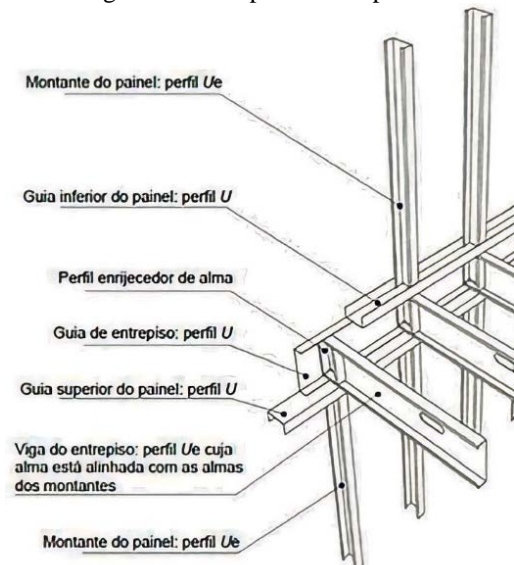
Figura 4 – Exemplo de ligação de viga



Fonte: Santiago [9]

- Perfil enrijecedor: Elemento utilizado para ajudar o apoio de vigas, de acordo com a figura 5;
- Viga: Perfil Ue ou C utilizado para distribuição das forças na horizontal, ver figura 5, existindo diversos tipos de viga, exemplo disso são, vigas de contrapiso, vigas baldrame.

Figura 5 – Componente de painel



Fonte: Rodrigues [10]

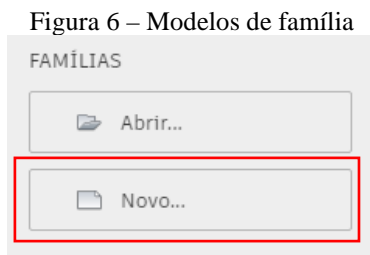
4. Resultados

Como mostrado, o presente trabalho tem por finalidade a elaboração de uma família paramétrica para composição de projetos em steel framing. O processo de elaboração foi desenvolvido no software Revit da Autodesk. De modo que é essencial que essa família seja carregável nos diversos programas para elaboração final projeto. Dessa forma ocorre a necessidade de criar uma família carregável já

que a mesma pode ser carregada de forma fácil em outros sistemas ou transferida do REVIT para outro programa, existindo a possibilidade de “explodir” a família para que a mesma possa vim a ser editada e posteriormente introduzir os elementos como esquadrias, bloqueadores, fitas, ombreiras e etc.

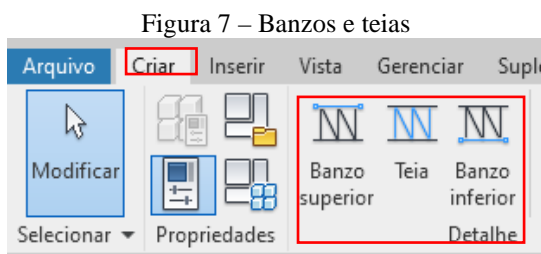
4.1 Manual de criação da família

A concepção da parametrização ocorre ao escolher o modelo de família, esse processo é realizado ao inicializar o programa, clicando em novo no tópico família como mostrado na figura 6, para que possa ser selecionado o modelo “Trelças estruturas métricas”, de modo a desenvolver toda e qualquer parametrização em cima do modelo que o programa já disponibiliza



Fonte: Autor

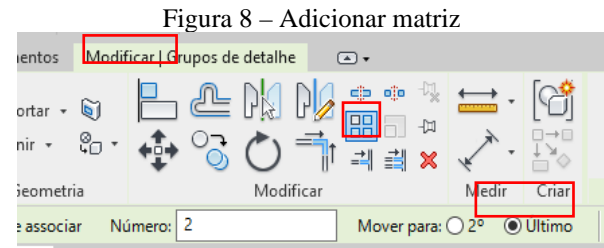
Em seguida realiza a inserção dos banzos e teias, ver a figura 7, na aba de criar, sendo o passo inicial na parametrização, que será seguida de comandos que facilitará a utilização da parede em futuros projetos, adendo a utilização da teia apenas na extremidade esquerda, para facilitação dos próximos passos.



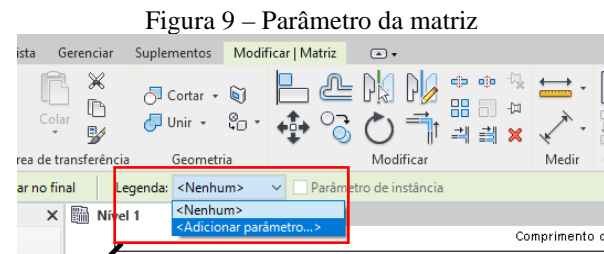
Fonte: Autor

O próximo passo consiste na utilização do comando matriz (AR) do Revit, na aba modificar, para seguir com os passos necessários ao ativar o comando é essencial

clicar na teia adicionada e marcar a opção último, todos os passos até então estão demarcados na figura 8, com isso deve ser adicionado a última teia conforme a mesma figura, para que a partir disso possa ser realizado as parametrizações necessárias para utilização da família. Após os passos anteriores é necessário selecionar a matriz e criar um paramento, conforme figura 9.



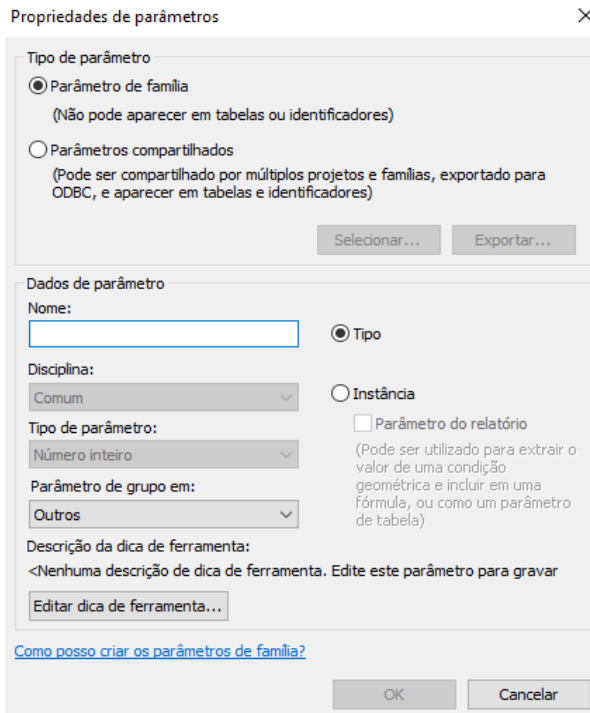
Fonte: Autor



Fonte: Autor

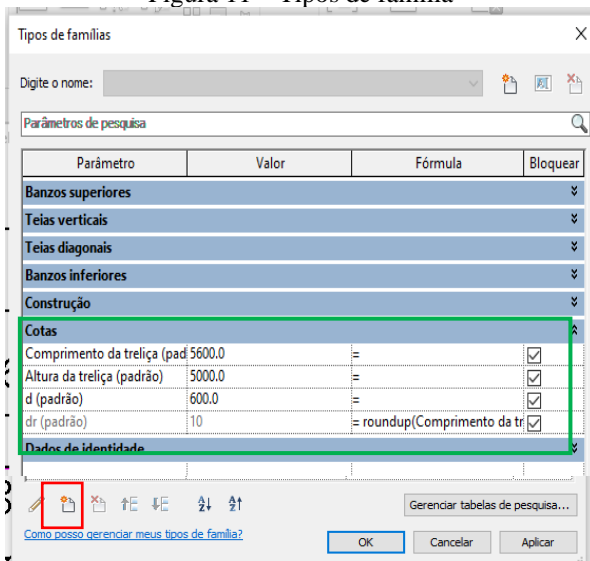
O parâmetro deve seguir as especificações da figura 10, é necessário escolher o parâmetro da família, nomear o parâmetro, no caso do parâmetro da matriz é nomeada como dr, selecionar a opção de instância e é necessário que altere o parâmetro de grupo de outros para cota, pois desse modo todos os parâmetros ficaram agrupados, posteriormente é realizado a equacionalização para que ocorra o surgimento correto das teias da família. Se segue com os comandos da figura 1, para que seja realizado a inserção das equações necessárias e criação do parâmetro de espaço, esse sendo chamado de d (tendo seu passo retratado na figura 11 com a marcação em vermelho) e sendo direcionado para a propriedade de parâmetro (figura 10).

Figura 10 – Propriedades de parâmetros



Fonte: Autor

Figura 11 – Tipos de família



Fonte: Autor

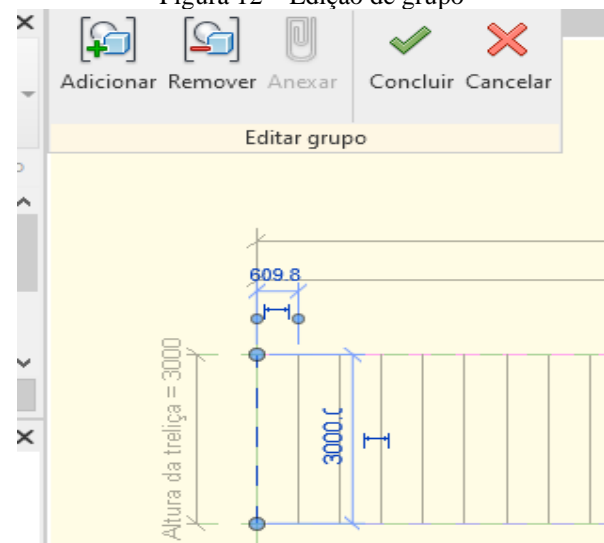
A demarcação em verde na figura 11 representa os parâmetros necessários na confecção da parede de steel frame, o parâmetro de Comprimento da treliça e Altura da treliça são os padrões da família escolhida para realização do modelo, já os parâmetros d e dr são os parâmetros idealizados pelo autor para que a parede siga as demarcações da literatura do tema, a configuração d segue o mesmo princípio das configurações iniciais de comprimento e altura, podendo mudar suas

dimensões para se adaptar às dimensões de projeto, nesse caso é necessário ressaltar que as únicas dimensões possíveis para d, conforme a literatura do CBCA são de 600 mm e 400 mm a ser determinada pelo projetista, já os valores de dr segue o fornecido pela fórmula abaixo.

$$= \text{roundup}(\text{Comprimento da treliça} / d)$$

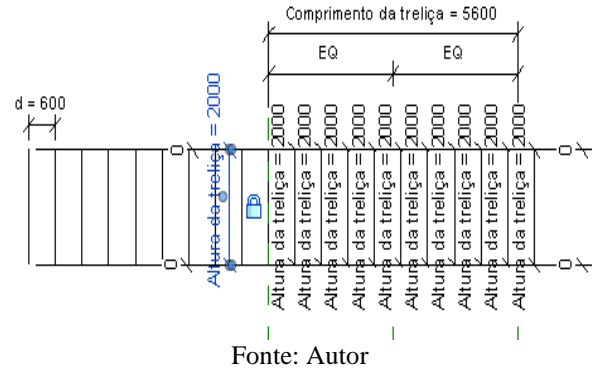
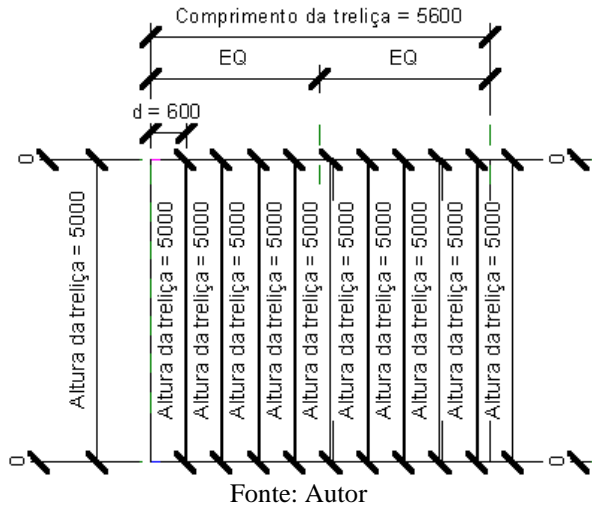
A tabela 3 de função sintaxe e exemplos fornece que o comando roundup é utilizado para que ocorra o arredondamento necessário para que nenhuma teia ultrapasse o limite de comprimento da treliça. Desse modo, pode-se determinar as configurações de cota, com um duplo clique na teia esquerda, a única adicionada sem a função de matriz, ocorre a abertura da aba de edição de grupo, condizente com a figura 12, assim a mesma vai delimitar a cota da horizontal e vertical, e ao ser selecionadas passando a serem fixas no projeto, com isso pode ser demarcado os parâmetros das cotas, conforme figura 9, na aba de legendas, para essas são demarcadas as configurações de altura de treliça e d, conforme figura 13 (a altura utilizada é meramente para fins de exemplo) e 14. As cotas que marcam zero, são necessárias para que não ocorra nenhuma distorção na parede, são inseridas na edição do grupo, entre a teia e o plano de trabalho da família.

Figura 12 – Edição de grupo



Fonte: Autor

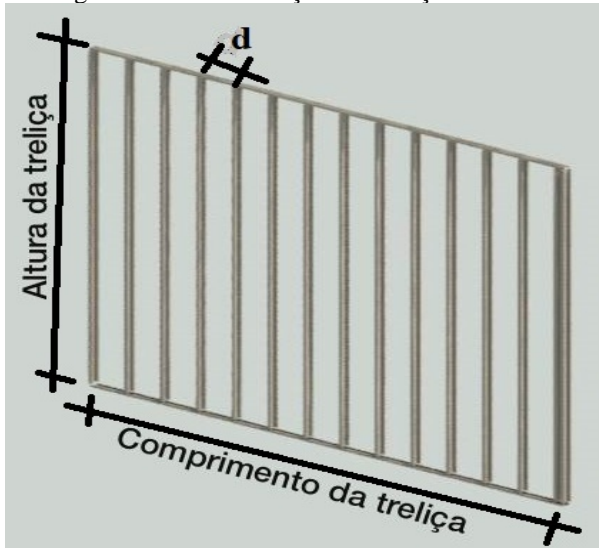
Figura 13 – Protótipo da parede em 2D



Segue o QR Code que disponibiliza a família desenvolvida para que possa ser utilizada para futuros trabalhos de melhoria.



Figura 14 – Renderização com edição no Paint

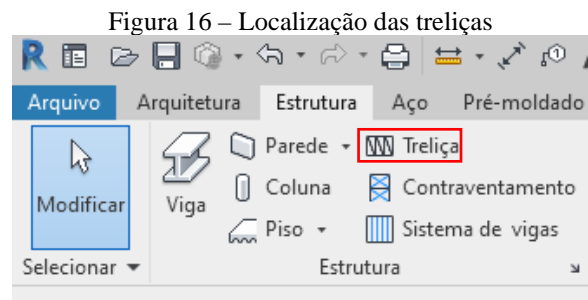


A figura 14 representa como a parede será disposta no projeto, após renderização da vista da família. Desse modo pode ser realizado algumas configurações de paredes além das dimensões já impostas pela família na sua criação, sendo assim encontramos que essa família só pode ser utilizada em paredes com pé direito de 3 m ou dimensões superiores, quando ocorre a inserção de dimensões menores a 3 m ocorre uma desconfiguração da família como está representada na figura 15, logo a mesma não poderá ser utilizado para confecção de platibandas, apenas de alvenaria em Steel Frame com dimensões maior que 3 m.

Figura 15- Família desconfigurada

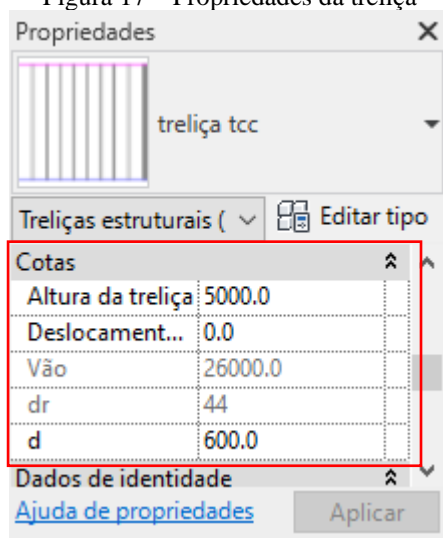
4.2 Como utilizar a família em projeto

Ao inicializar o programa é necessário que a família seja carregada, após a inserção na aba estrutura é necessário que seja selecionado a aba estrutura, conforme figura 16, posteriormente é necessário que ocorra a mudança de perfil, pois o mesmo está configurado em perfil I e como fimos no desenvolvimento do trabalho é necessário que o mesmo seja um Perfil U ou Ue.



Após o passo da figura 16 ocorre a configuração das propriedades de cota da família, ver figura 17, pode ser modificado a altura dos montantes na linha com o nome Altura da treliça, demarcando a altura que o projetista precisa para o pé direito. Na linha com a letra d é demarcada o espaçamento dos montantes, sendo calculado pelo projetista e sendo permitido apenas 400 mm ou 600 mm, condizente com as determinações da literatura do CBCA. A aba de propriedades aparece ao lado esquerdo do programa.

Figura 17 – Propriedades da treliça



Fonte: Autor

O comprimento da parede vai ser estipulado conforme uma parede convencional, sendo demarcada no projeto com o mouse. O próximo passo a ser desenvolvido para utilizar a família da melhor forma possível é a conversão dos perfis I para os perfis U, na aba Carregar Famílias em inserir. As famílias serão escolhidas dentro as famílias de Framing estrutural, igual observado na figura 18, são escolhidos os perfis em aço galvanizado que o projetista determinou nos seus cálculos, com essas escolhas dentro do programa é necessário que ocorra a alteração dos mesmos em editar tipo, conforme será explicado na figura 19 e figura 20.

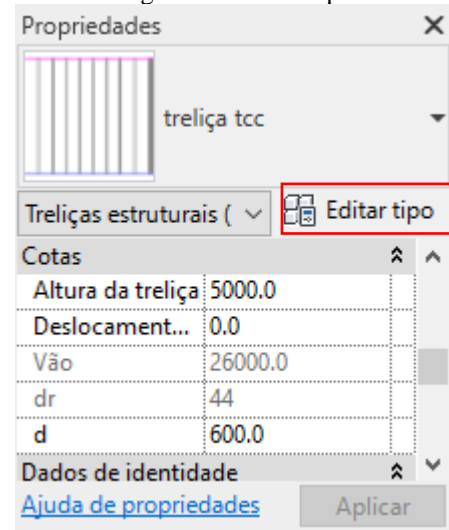
Figura 18 - Carregar Framing estrutural



Fonte: Autor

A figura 19 mostra a localização da edição tipo na aba de propriedades, que como foi explicado anteriormente está localizado no lado esquerdo ao selecionar a família de treliça desenvolvida, para que desse modo ocorra a alteração dos perfis, condizente com a figura 20.

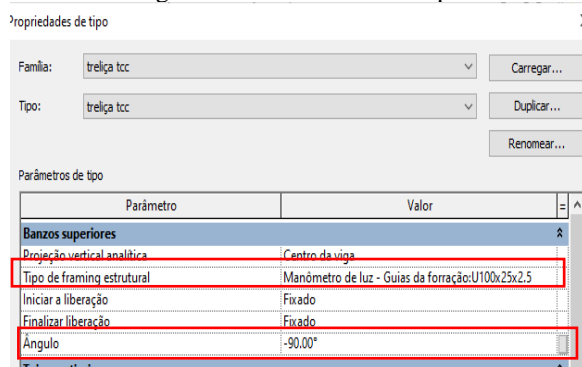
Figura 19 – Edita tipo



Fonte: Autor

Ao entrar em editar tipo, o projetista será redirecionado para uma aba de propriedades, ver figura 20 e terá que seguir seus passos, para alterar as configurações de perfis, o primeiro deles é a alteração do tipo de framing estrutural, sendo necessário alterar o ângulo para o todos os parâmetros, para que o perfil se encaixe, observar figura 3.

Figura 20 – Parâmetros de tipo



Fonte: Autor

Após as alterações nas propriedades dos perfis aperta-se enter no teclado do computador e pode ser adicionado as paredes de forma convencional seguindo as determinações do projeto.

5. Considerações Finais

Ocorreu o desenvolvimento da família paramétrica em steel frame para ser utilizada em paredes cegas, essas sem aberturas de esquadrias e sem os bloqueadores ou fitas, sendo assim um facilitador para inserção de todas as paredes, posteriormente se necessário as mesmas podem ser “explodidas” para adicionar as esquadrias, bloqueadores e fitas, facilita a inserção de todos os montantes e guias, não sendo mais necessário a inserção manual de cada perfil.

Ao observar o comportamento da parede desenvolvida notasse uma dificuldade em introduzir paredes menores que 3 metros sem desconfigurar os parâmetros da família, as observações necessárias para a criação dessas paredes partindo do zero se encontra no manual de desenvolvimento e para que essa possa ser incorporada nos projetos podem utilizar o manual da família.

Com isso existe possíveis trabalhos futuros, para melhorar o trabalho em questão, como famílias de bloqueadores, fitas e vigas, podendo existir famílias mais complexas como paredes que possuam parâmetros que insiram os bloqueadores e fitas, incluindo ainda um possível trabalho para disposição de uma

família que consiga desenvolver paredes com menos de 3 m de altura.

6. Referencias

- [1] NUNES, G. H. LEÃO, M. *Estudo comparativo de ferramentas de projeto entre CAD tradicional e a modelagem BIM*. Revista de Engenharia Civil, 2018.
- [2] SILVEIRA, N. F. N. CARNEIRO, M. I. M. *Uso da modelagem BIM na gestão de áreas degradadas*. XI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental – Instituto Brasileiro de Estudos Ambientais, 2020.
- [3] ARAGÃO, W. D. et. al. *Steel frame - construção sustentável e comparação com o sistema construtivo convencional*. Research, Society and Development, v. 11, n. 9. 2022.
- [4] FERREIRA, W. A. et. al. *BIM modelagem de informação na construção civil*. Revista científica da FAEX, v.11, ed. 21.
- [5] HELP, Autodesk. *Sobre as famílias*. Autodesk. [S.I.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-6DDC1D52-E847-4835-8F9A-466531E5FD29-htm.html>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- [6] HELP, Autodesk. *Diferentes tipos de famílias*. Autodesk. [S.I.] 2019. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2018/PTB/Revit-Model/files/GUID-403FFEAE-BFF6-464D-BAC2-85BF3DAB3BA2-htm.html>. Acesso em: 05 nov. 2022.
- [7] HELP, Autodesk. *Sobre parâmetros*. Autodesk. [S.I.] 2020. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID->

- [AEBA08ED-BDF1-4E59-825A-BF9E4A871CF5-htm.html](https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-B37EA687-2BDF-4712-9951-2088B2A8E523-htm.html). Acesso em 08 nov. 2022.
- [8] HELP. Autodesk. *Abreviatura e sintaxe válida de formulas*. Autodesk. [S.I.]. Disponível em: <https://knowledge.autodesk.com/pt-br/support/revit/learn-explore/caas/CloudHelp/cloudhelp/2019/PTB/Revit-Model/files/GUID-B37EA687-2BDF-4712-9951-2088B2A8E523-htm.html>. Acesso em 15 nov. 2022.
- [9] SANTIAGO, A.K. et. al. *Steel Framing: Arquitetura. Manual de construção em aço*. Centro Brasileiro de Construção em Aço – CBCA. 2012.
- [10] RODRIGUES, F. C. CALDAS, R. B. *Steel Framing: Engenharia*. Centro Brasileiro de Construção em Aço - CBCA. 2016.



Bambu - Impacto Ambiental como sequestrador de gás carbônico

POZNYAKOV, Karolina M^{a1}; STOLZ, Carina Mariane²; QUALHARINI, Eduardo³
 Karol.poznyakov@poli.ufrj.br¹; carinastolz@poli.ufrj.br²; qualharini@poli.ufrj.br³.

¹Engenheira Civil, UFRJ, Rio de Janeiro.

²Engenheira Civil, D.Sc. UFRJ, Rio de Janeiro.

³Engenheiro Civil, D.Sc. UFRJ, Rio de Janeiro.

Informações do Artigo

Palavras-chave:

Bambu.

Impacto ambiental.

Sequestro de carbono.

Resumo:

Uma das questões mais prementes enfrentadas pela humanidade hoje está relacionada às Mudanças Climáticas Globais, abrangendo fenômenos como chuvas ácidas, a degradação da camada de ozônio, a emissão de gases do efeito estufa e o aumento da temperatura do planeta. Esses desafios são verdadeiramente globais, como sugere o próprio nome, afetando diversos setores da sociedade que precisam reconhecer a importância do problema e adotar mudanças significativas em seus padrões de consumo e comportamento. Um exemplo notável é o setor da construção civil, que é responsável por uma impressionante parcela de 79% das emissões de gases do efeito estufa, incluindo CO₂, CH₄, CHCs e N₂O, entre outros poluentes. No contexto das mudanças climáticas e do aquecimento global, a capacidade de sequestrar carbono (CO₂) desempenha um papel crucial. Nesse sentido, o bambu emerge como uma alternativa altamente promissora. O bambu é reconhecido como um material sustentável e ecologicamente correto, caracterizado por sua capacidade de renovação, flexibilidade, adaptabilidade e versatilidade. Além disso, o bambu é especial por sua leveza e resistência. O uso do bambu não apenas implica um baixo impacto ambiental em seu processo de produção, mas também contribui positivamente para o meio ambiente, atuando efetivamente na captura de carbono, o que ajuda a mitigar o efeito estufa e reduzir as emissões de gases poluentes. Este artigo apresenta a eficiência do bambu no sequestro de gás carbônico através de abordagem qualitativa e quantitativa no levantamento de artigos, referências bibliográficas seguidos da interpretação dessas informações.

Abstract

One of the most pressing issues facing humanity today is related to Global Climate Change, encompassing phenomena such as acid rain, ozone layer depletion, greenhouse gas emissions, and planetary temperature rise. These challenges are truly global in nature, as the name itself suggests, affecting various sectors of society that need to recognize the importance of the issue and make significant changes in their consumption patterns and behavior. A notable example is the construction industry, which is responsible for an impressive share of 79% of greenhouse gas emissions, including CO₂, CH₄, CHCs, and N₂O, among other pollutants. In the context of climate change and global warming, the ability to sequester carbon (CO₂) plays a crucial role. In this regard, bamboo emerges as a highly promising alternative. Bamboo is recognized as a sustainable and

environmentally friendly material, characterized by its renewability, flexibility, adaptability, and versatility. Furthermore, bamboo is remarkable for its lightweight and strength. The use of bamboo not only implies low environmental impact in its production process but also makes a positive contribution to the environment by effectively capturing carbon, which helps mitigate the greenhouse effect and reduce emissions of polluting gases. This article presents the efficiency of bamboo in carbon dioxide sequestration through a qualitative and quantitative approach in the review of articles and bibliographic references, followed by the interpretation of this information.

1. Introdução

O alto consumo de energia pelos materiais mais utilizados na indústria da construção gera a necessidade da busca por opções que unam o conceito de origem renovável ao de sustentabilidade. Assim, o bambu se apresenta como uma importante alternativa, considerando seu crescimento acelerado e elevada produção.

O bambu é uma planta florestal que exibe excepcional desenvolvimento, constituindo produção de biomassa cerca de duas vezes a do eucalipto, no mesmo intervalo de tempo, podendo ser utilizado na construção por apresentar propriedades físico-mecânicas apropriadas, e elevada durabilidade, quando tratado com substâncias conservantes, apresentando interessante opção à madeira, ao concreto e ao aço [1].

O bambu é utilizado pela humanidade há muitos de anos, principalmente no Oriente, em países como China, Índia, Japão, Indonésia e Filipinas, e no Ocidente, em terras como Colômbia e Costa Rica. De maneira geral, nos continentes americano e asiático, principalmente, onde existem indústrias direcionadas para exploração e comercialização de produtos como pisos, forros e laminados [2].

Documentadamente, o bambu tem oferecido abrigo, alimento, utensílios, ferramentas e uma infinidade de outros itens. Estima-se que o material colabora para a sobrevivência de mais de centenas de milhares de pessoas [3].

Devido a grande quantidade de bambu existente na Ásia, os orientais implementaram técnicas para a sua viabilização na indústria da construção civil, bem como apresentaram seu uso no setor de irrigação, instrumentos mecânicos para a locomoção, móveis, etc. Na América Latina, foram desenvolvidas tecnologias novas de construção com bambu em conjunto com outros materiais, como o aço, o concreto e a madeira, propiciando a construção de imponentes estruturas, resistentes e belas [4].

Assim, ao se deparar com as vantagens da utilização desse recurso natural, sendo uma opção sustentável para a engenharia, pesquisadores têm dispendido esforços para o dimensionamento da capacidade estrutural dessa matéria prima florestal, bem como de sua trabalhabilidade, isto é, é possível moldar os mais variados formatos e dimensões com o auxílio de formas [5]. Assim sendo, as pesquisas observaram que *Guadua angustifolia* e *Phyllostachys pubescens* foram às espécies de bambu mais frequentemente utilizadas, com principais aplicações para laminados, termoplásticos e na construção de treliças, em estado bruto, e no tratamento de esgoto [6].

Em relação a *Guadua angustifolia*, o maior número de ocorrências pode estar diretamente relacionado à existência natural de espécies de *Guadua* na América do Sul, a qual, conforme o Projeto RadAm (Radar da Amazônia), foi possível identificar uma região de mais de 7 milhões de hectares de bambus do tipo *Guadua* no bioma Amazônico [7].

2. Estrutura

O bambu é da família Poaceae, subfamília *Bambusoideae* e da tribo *Bambuseae*. Segundo o Sistema de Engler¹, ele pertence à divisão Angiospermae e à classe das Monocotyledoneae.

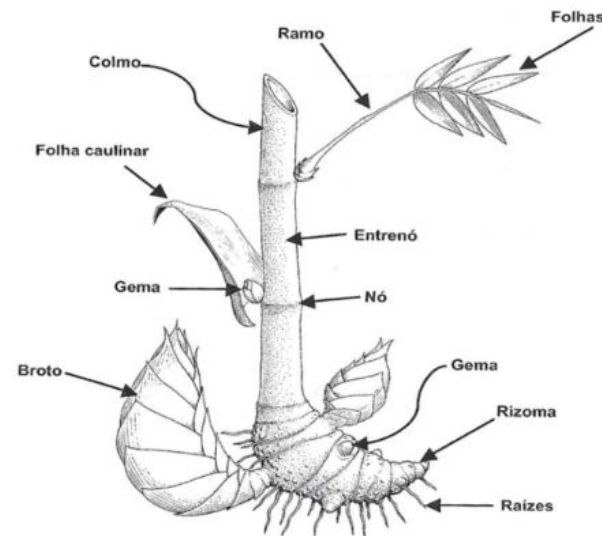
Com mais de 1200 tipos identificados, trata-se de uma planta bastante harmonizada aos diversos climas desde montanhas com baixas temperaturas até regiões tropicais próximas a linha do Equador [8]. Existem aproximadamente 75 tipos de bambu catalogados sendo que essa identificação é dificultada pela imprevisibilidade da floração, e pode estar relacionada à morte da touceira [9]. Aproximadamente 64% das plantações se encontram no sudeste da Ásia, 33% na América do Sul e o restante na África e Oceania [10]. É uma planta tropical e que cresce mais rápido do que qualquer outra planta florestal, precisando, de três a seis meses, em média, para que um broto tenha sua altura máxima, de até 30 metros, as quais são espécies chamadas de gigantes [11].

Na sua maioria, os tipos mais estudados no Brasil são oriundos do continente asiático, como *Bambusa vulgaris*, *B. tuldooides*, *Dendrocalamus strictus*, *D. giganteus* e *Phyllostachys aurea* [1]. As nativas necessitam de pesquisas mais aprofundadas e concentram-se em algumas regiões de mata atlântica, e da região amazônica, em especial no estado do Acre. Estudos realizados no Projeto Radam, por meio de imagens de satélites, determinaram a existência de aproximadamente 7 milhões de hectares de bambus no estado do Acre [7].

Quanto ao sistema radicular, os bambus agrupam-se em Paquimorfos ou Entouceirantes (*Bambusa*, *Guadua* e *Dendrocalamus*) e Leptomorfos ou alastrantes (*Phyllostachys*, *Arundinaria* e *Sasa*). Os primeiros dispõem de rizomas grossos e curtos com gemas laterais e, o segundo grupo têm rizomas que se desenvolvem no solo de forma

a abranger grandes áreas (Figura 1). Ainda existem os Anfipodiais, que compartilham das características dos dois tipos (*Chusquea*), de cordo com Lopez [12].

Figura 1 - Partes do bambu.



Fonte: Greco e Cromberg, [13].

3. Propriedades

O bambu possui reduzido peso específico, o que diminui o custo da sua manipulação e do seu transporte [14]. Azzini *et al.* [1] afirmam que a planta apresenta elevada resistência físico-mecânica, flexibilidade e leveza, além de excepcional vigor vegetativo, o que resulta na velocidade do desenvolvimento dos colmos (7,88 cm/dia e 22,0 cm/dia, para *Guadua angustifolia* e *Dendrocalamus giganteus*, respectivamente) e mostra elevado progresso em altura no período de 80 a 110 dias.

Na pesquisa realizada por Ghavami e Marinho [14], foram executados testes mecânicos em algumas espécies de bambu (*Dendrocalamus giganteus*, *Guadua angustifolia*, *Guadua angustifolia*, *Guadua tagoara*, *Phyllostachys heterocycla pubescens-Mosó*, e *Phyllostachys bambusoides-Matake*), sendo possível esquematizar as propriedades mecânicas e físicas, além de apontar o módulo de tensão e resistência na superfície do colmo devido ao nível de flexão dos bambus, objeto do estudo.

¹ O sistema Engler foi um dos primeiros sistemas de classificação de plantas, e o primeiro concebido como filogenético, depois que Darwin difundiu a sua Teoria da Seleção Natural.

Organismos internacionais ligados à cultura do bambu [15] classificaram 20 espécies como prioritárias com base em requisitos relativos ao cultivo, ao processamento e aos produtos. Algumas destas espécies e suas principais características podem ser observadas no Quadro 1. (ANEXO A)

4. Sequestro de carbono

O Sequestro de Carbono (“Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”) é uma expressão utilizada para indicar a saída do gás carbônico (CO₂) da atmosfera e sua transformação em oxigênio (O₂). Esta técnica já é realizada de forma espontânea pelos solos, oceanos e florestas, onde os micro-organismos e os organismos, através da fotossíntese, prendem o carbono e soltam o oxigênio na atmosfera [16].

A importância do sequestro de carbono para o efeito estufa é fundamental no contexto das mudanças climáticas e do aquecimento global. O fenômeno do efeito estufa é um processo natural em que determinados gases presentes na atmosfera, como o dióxido de carbono (CO₂), o metano (CH₄) e o óxido nitroso (N₂O), atuam como uma espécie de cobertor, capturando o calor do sol na Terra (Figura 3). Isso é fundamental para manter a temperatura média do planeta em um nível adequado para a vida. No entanto, as emissões desses gases de efeito estufa envolvem a Terra de forma semelhante a uma capa, retendo o calor solar. Esse processo resulta no fenômeno do aquecimento global e desencadeia mudanças climáticas significativas. Atualmente, o mundo está passando por um aquecimento mais acelerado do que qualquer período previamente registrado na história.

No entanto, segundo o Ministério da Ciência, Tecnologia e Inovação, nas últimas décadas, a atividade humana tem aumentado significativamente a concentração desses gases de efeito estufa na atmosfera, principalmente devido à queima de

combustíveis fósseis, desmatamento, agricultura intensiva e outras atividades industriais. Esse aumento exacerbou o efeito estufa, levando a um aquecimento global, com consequências potencialmente devastadoras para o clima e o meio ambiente.

À medida que a concentração dos gases do efeito estufa na atmosfera se eleva, ocorre um aumento correspondente na temperatura da superfície global. A última década, compreendendo o período de 2011 a 2020, registrou as temperaturas mais altas já documentadas. Desde a década de 1980, a tendência tem sido que cada década subsequente seja mais quente do que a anterior. Praticamente todas as regiões do mundo têm experimentado um aumento no número de dias com altas temperaturas e ocorrência de ondas de calor. Essas temperaturas mais elevadas têm consequências diretas, incluindo um aumento nas doenças relacionadas ao calor e desafios adicionais para o trabalho ao ar livre. Além disso, as condições mais quentes facilitam o início e a propagação mais rápida de incêndios florestais. Um exemplo notável é o Ártico, onde as temperaturas aumentaram pelo menos duas vezes mais rapidamente do que a média global.

Algumas ações foram sugeridas no Tratado de Kyoto, em 1997², para a redução dos níveis de CO₂ na atmosfera, que estabeleceu, naquele momento, como objetivo para países desenvolvidos, a redução em 5% da emissão de gases que ocasionam o efeito estufa até o ano de 2012. Na conferência do clima da Organização das Nações Unidas (ONU), em 2009, em Copenhague, o governo brasileiro declarou uma meta voluntária para redução dos gases de efeito estufa entre 36,1% e 38,9%, até 2020. Na recente COP26³, em 2021, em Glasgow, Escócia, o Brasil assumiu um novo compromisso de mitigar suas emissões de gases de efeito estufa em 50%, até

² O Protocolo de Quioto é um tratado internacional ambiental de 1997 com compromissos mais rígidos para a redução da emissão dos gases que produzem o efeito estufa

³ COP26 é abreviatura de “Conferência das Partes da Convenção Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima (UNFCCC), 26ª edição. É um evento anual no qual a Organização das Nações Unidas (ONU) traz discussões sobre as mudanças climáticas no mundo..

2030. O Pacto de Glasgow⁴ também motiva os países a acelerar a mudança para a utilização de energia de baixa emissão, incluindo fortes dedicações para a eliminação gradual de energia oriunda de usinas de carvão, onde não se utilizam tecnologias como o sequestro de carbono (CCS⁵) bem como a sua captura, utilização e armazenamento simultaneamente (CCUS⁶).

Para minimizar o nível de dióxido de carbono no ar há dois cenários possíveis: a redução das emissões do gás ou a retenção do dióxido de carbono produzido em excesso, o chamado sequestro de carbono [17].

Segundo Coltri *et al.* [18], que vêm pesquisando a possibilidade de utilizar coeficientes de vegetação para aferir a biomassa e o potencial de captura e estoque de carbono das plantações de café, a captura é uma medida da quantidade de carbono que a planta extrai da natureza e incorpora em sua biomassa. Quando se modifica o bambu, ou qualquer outro vegetal em produtos (móveis, por exemplo), está se armazenando o carbono e reduzindo os problemas ambientais. Entretanto, o estoque na biomassa que a planta armazena eternamente nas folhas, nos ramos e no tronco, só se perde quando há a derrubada ou a queima de sua peça. “Estima-se que 50% da biomassa em uma planta seja composta por carbono, mas isso pode mudar de acordo com a espécie”, declaram os pesquisadores.

Durigan [19], observa que a taxa de absorção depende de três aspectos: da temperatura, que se altera conforme a disponibilidade de nutrientes, de água do meio e do tipo de vegetação (florestas homogêneas ou geneticamente modificadas retêm o carbono até 10 vezes mais rápido do que as florestas naturais), bem como, do

armazenamento de carbono na atmosfera (quanto mais elevada é a concentração, mais veloz é a fixação).

Tanto o eucalipto quanto o bambu capturam carbono da atmosfera para compor sua biomassa viva. Para se definir o potencial de sequestro de carbono do bambu, compare-se a quantidade de carbono estocada na madeira e no bambu, com o total de CO₂ emitido no transcorrer de sua cadeia produtiva [20].

O estudo de Delgado [21] apresenta uma análise elementar no bambu e no eucalipto. Na análise, a alteração de carbono entre os dois tipos de vegetais analisados foi de 2,7%. Logo, considerando desprezível a diferença entre a quantidade de carbono no bambu e no eucalipto, utilizou-se a mesma equação de Reis *et al.* [22] para ambos. De acordo com esse cálculo, a quantidade carbono (C) apresentada é igual a 50% do peso da madeira. Dessa forma, tanto 1 tonelada de bambu quanto 1 tonelada de eucalipto têm 0,5 tonelada de carbono. Entretanto, como cada 1 kg de carbono (C) corresponde a 3,67 kg de CO₂eq⁷, em cada tonelada de bambu ou de eucalipto são armazenados, aproximadamente, 1.835 kg de CO₂eq.

5. Métodos para determinação do resgate de carbono

A maioria dos cálculos realizados a partir da biomassa são através de uma metodologia aprovada em 2005 pela UNFCCC (*United Nations Framework Convention on Climate Change*)⁸, a qual acompanha e controla o estoque de carbono em florestas. Similar ao método LiDAR⁹, utilizado no cálculo da

⁴ O Pacto Climático de Glasgow, documento final da COP26, representa o acordo entre mais de 200 países envolvidos nas negociações. Foi assinado em 13 de novembro de 2021

⁵ CCS – *Carbon Capture and Storage*.

⁶ CCUS – *Carbon capture, utilization and storage*.

⁷ O fator de conversão de carbono em dióxido de carbono igual a 3,67 foi obtido pela razão entre a massa molecular do dióxido de carbono (CO₂) igual a 44 g/mol e a massa atômica do carbono (C) igual a 12 g/mol.

⁸ Convenção-Quadro das Nações Unidas Sobre Mudança do Clima. Promulga a Convenção-Quadro das Nações Unidas sobre Mudança do Clima, É um tratado internacional resultante da Conferência das Nações Unidas para o Meio Ambiente e o Desenvolvimento (CNUMAD), informalmente conhecida como a Cúpula da Terra, realizada no Rio de Janeiro em 1992 e assinada em Nova York, em 9 de maio de 1992.

⁹ LiDAR (*Light Detection and Ranging*) é uma tecnologia de valor essencial para obtenção dos dados florestais e empregada para a obtenção de medidas diretas da vegetação, como altura do dossel, o número de indivíduos, o volume e o diâmetro da copa.

biomassa em árvores que pode ser utilizada para calcular a biomassa do bambu [23].

Segundo Delgado [21], o nível de carbono é calculado por meio da biomassa e baseia-se na dimensão das plantas em uma determinada região. É um cálculo pouco científico e sugerido por diversas razões, como a taxa de luminosidade, a temperatura da região analisada, a idade da planta, a influência de outras plantas na região estudada. Esse cálculo consiste em selecionar uma área específica de uma floresta ou plantação, e apontar as medidas de tamanho e peso de todo vegetal apresentado naquela região, como no caso do bambu, considera-se os colmos, folhas, galhos e, inclusive, raízes. Na sequência, é utilizada uma equação matemática que resulta na quantidade de carbono naquela região. Neste cálculo, são consideradas as modificações de densidade aparente e de espessura da camada analisada.

Este método relaciona muitas variáveis que o induzem sendo, por consequência, um método indeterminado e pouco confiável. Delgado [21] explica que poucos pesquisadores separam as amostras por idade. São consideradas todas as espécies naquela determinada região, e muitas vezes existem outros tipos de plantas que, conforme o método, devem ter suas medidas consideradas também. Entretanto, alguns realizaram análise em uma mesma plantação em áreas próximas, e os resultados se apresentaram muito diferentes. Isso se deve porque a iluminação direta varia de uma área para outra, seja pela existência de vegetações mais altas ou pela geografia do local. Outro fator relevante a considerar é que as equações utilizadas são realizadas a partir de padrões internacionais, isto é, não são desenvolvidas considerando as condições de clima e solo específicos podendo sub ou superestimar a biomassa analisada.

Segundo Delgado [21], na Universidade Paulista, alguns pesquisadores mediram o fluxo de CO₂ em três níveis, em uma plantação comercial de bambu: implantação, adaptação e

operação, objetivando uma avaliação mais integralizada das quantidades de CO₂ eliminadas e estocadas ao longo dos 25 anos de vida útil. O objetivo foi medir a taxa real de absorção de carbono de uma plantação, visando avaliar o potencial real de uma plantação de bambu e, considerando que uma relevante quantidade de CO₂ é emitida através dos insumos utilizados na implantação e manutenção da cultura, isto é, utilização do óleo diesel. Os resultados relataram que o bambu é uma planta com alto potencial de armazenamento de carbono (entre 31.860 e 77.039 kgCO₂/ha ano).

Borges *et al.* [24], analisaram a taxa de absorção do CO₂ medida de algumas espécies de microalgas comumente utilizadas na agricultura. Foi medida a taxa de fotossíntese desses microorganismos, e foi possível quantificar o fluxo de carbono através dos indicadores fotossintéticos das curvas P_{XI} (taxa de fotossíntese X irradiância de saturação) e descobriram a época do ano mais adequada para o florescimento de espécies determinadas, considerando-se condições de nutrientes e de temperatura favoráveis. As espécies com taxas maiores de produção e crescimento de biomassa apresentavam melhor eficiência fotossintética e baixa liberação de carbono no máximo ponto de saturação de luz, onde acontece a máxima produção fotossintética. Eles compararam espécies de microalgas diferentes e determinaram para quais teriam os maiores valores de absorção.

Oliveira *et al.* [23] calcularam na respiração do solo e no carbono na biomassa em plantio comercial de seringueiras no Paraná. Através da utilização do método de Walkley-Black¹⁰, eles moeram as amostras em laboratório e o conteúdo de carbono foi determinado para cada subamostra.

Um tipo de estudo conhecido como FACE (Enriquecimento de Dióxido de Carbono em Ar Livre) tem sido conduzido em diversas nações, incluindo os Estados Unidos, Reino

¹⁰ O método do Walkley-Black (1934) é o método para determinação do carbono mais utilizado nos laboratórios brasileiros,

de simples execução e dispensa o uso de equipamentos especializados.

Unido, Alemanha, Japão, Austrália, Itália, Dinamarca e outros, com o objetivo de examinar de maneira específica os efeitos do aumento da concentração de dióxido de carbono (CO₂) na atmosfera sobre as plantações. O primeiro experimento FACE na América Latina está atualmente em processo de instalação no Brasil, próximo à cidade de Jaguariúna, no estado de São Paulo, conduzido por um grupo de cientistas da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária). [25].

6. Análise dos Resultados

Pesquisadores encontraram um valor médio do teor de carbono resultante nas amostras de bambu de 44,33%. O valor médio da porcentagem de hidrogênio foi 6% para as mesmas amostras e a porcentagem de nitrogênio foi mitigada em todas as amostras. Ao comparar com serragem de *Eucalyptus* sp, os teores de C, H, e N, apresentaram resultados muito semelhantes. [26]

Conforme Lana et al [26], a análise apresenta que o teor de carbono aumenta a cerca de 42-43% até 44-45% com a maturidade do bambu. Esses níveis foram resultantes das amostras contendo todas as partes do caule de cada idade (amostras 2Stot, 1Atot, 2Atot, 2,5Atot, 3Atot e 4Atot). Este aumento é pouco significativo e demonstra que o nível de carbono no bambu permanece o mesmo, apesar da sua idade. Entretanto, quando foram analisadas isoladamente os três pontos principais do caule - parte externa, interna e do meio - verificou-se que o teor de carbono é sensivelmente mais baixo na parte interna do caule, sendo que esta diferença cresce com a idade do bambu. O mesmo ocorre com os teores de hidrogênio. Para esta análise não foram considerados os níveis de nitrogênio.

6.1 Estimativa da Absorção de CO₂ Devido ao Aumento da Biomassa do Bambu

Ao examinarmos a taxa de expansão do bambu e a quantidade de carbono que ele retém, procedemos a cálculos destinados a estimar a quantidade aproximada de dióxido de carbono (CO₂) absorvida. Essa avaliação

está intrinsecamente ligada à rapidez com que a planta cresce e ao seu ciclo de produção. Isso ocorre porque quanto mais rápido o crescimento da planta, maior será a acumulação de biomassa e, conseqüentemente, maior será a capacidade de sequestro de carbono. [26].

A Tabela 1 apresenta a produtividade e o ciclo da cultura para três tipos diferentes de plantas: pinus, eucalipto e bambu. Ressalta-se que a produtividade de bambu (40-60 toneladas por hectare por ano) é maior que a do pinus e é próxima a do eucalipto (30-50 toneladas por hectare por ano), entretanto, o ciclo de cultura do bambu é de apenas 2-6 anos. Isso implica que o tempo de plantio e de colheita do bambu é de 2 a 6 anos enquanto o tempo de plantio e de colheita do eucalipto varia entre 7 e 10 anos [21].

Tabela 1: Comparativo de produtividade entre Pinus, Eucalipto e Bambu

	Pinus	Eucalipto	Bambu
Ciclo cultural - anos	15-25	7-10	2-6
Produtividade - t/ha.ano	25-35	30-50	40-60

Fonte: Adaptado de Delgado [21].

Supondo que uma plantação de bambu tenha uma média de 50 toneladas de bambu por hectare em um ano, e que 44% dessa biomassa seja composta de carbono, então, em média, um hectare de bambu retém cerca de 22 toneladas de carbono por ano. Em contraste, o eucalipto, por exemplo, armazena uma média de 40 toneladas de biomassa por hectare a cada ano, o que equivale a aproximadamente 17,6 toneladas de carbono por hectare por ano. Isso implica em uma média de 20% a mais de retenção de carbono em um hectare de bambu em comparação com o eucalipto.

Observando a taxa média de produtividade de cada planta, tem-se que a média de produção do pinus é de 30 toneladas por hectare por ano, do eucalipto 40 toneladas por hectare por ano e do bambu 50 toneladas por hectare por ano. Para o caso em que os três tipos de plantas são plantados ao mesmo tempo, em dois anos será possível realizar o primeiro corte do bambu, em sete anos o primeiro corte do eucalipto e em quinze anos o

primeiro corte do pinus. Ainda, conforme informações da Associação Catarinense de Bambu, o replantio do bambu se dá por mais de 100 anos, já que novos brotos surgem espontaneamente a cada ano. O pinus é replantado após cada corte, isto é, a cada 15 anos, o eucalipto rebrota após o corte, porém deve ser replantado depois de 4 ciclos, assim sendo, no 28º ano.

Se a média da produção do bambu é de 50 toneladas por hectare por ano, e a colheita pode ser feita bianualmente, a cada colheita está sendo armazenado cerca de 45% de carbono por espécie. Até que a porcentagem de carbono do pinus e do eucalipto sejam parecidas à porcentagem de carbono armazenada pelo bambu, e se as espécies forem colhidas no tempo certo de colheita e armazenadas, ao longo de 15 anos terá sido armazenado cerca de 14t de carbono pelo pinus, 35t pelo eucalipto e 154t pelo bambu.

Ainda, observando a média de produção anual do bambu de 50 toneladas por hectare por ano tem-se que, para cada unidade de carbono armazenado, foi capturado uma molécula de CO₂. Anualmente, como foi visto que, acumula-se em média 22t de carbono em 1ha de bambu, e multiplicando estes valores da razão entre as massas molares do CO₂ e do carbono, conclui-se que serão sequestrados 80t de CO₂ por ano. Realizando os mesmos cálculos comparativos para o pinus e para o eucalipto tem-se que o pinus armazena por ano uma média de 47t de CO₂ e o eucalipto 63t. Essa diferença justifica a tese de o bambu ser um eficiente sequestrador de carbono.

7. Considerações Finais

O bambu, além de apresentar condições favoráveis de desenvolvimento para as características geoclimáticas do território brasileiro, possui uma taxa de crescimento elevada para um curto espaço de tempo, o que reflete em alta produtividade. Este fator pode permitir que comunidades rurais desfrutem do material como um complemento à fonte de

renda, contribuindo para ressignificação dos recursos locais e das relações socioespaciais.

Todavia, existem obstáculos em relação à implementação do bambu na engenharia. Tais barreiras estão atreladas, principalmente, aos mecanismos de mercado do setor da construção civil, bem como à ausência de uma efetiva aceitação do material pelos agentes da sociedade. Apesar desses entraves, é preciso reconhecer os avanços ocorridos em território nacional, que incluem desde o protagonismo das agências de fomento à pesquisa, a criação de normas (Lei Federal nº 12.484/2011, Lei Estadual nº 15.977/2015-SP, Lei Estadual nº 6.719/2014-RJ, Lei Estadual nº 21.162/2022-PR, NBR ABNT NBR 16828, NBR 7190/1997, ISO 22156/2004, ISO 22157-1/2004, ISO 22157-2/2004), os grupos de estudo, pesquisa e difusão de conhecimento (EBIOBAMBU¹¹; CERBAMBU RAVENA – Centro de Referência do Bambu e das Tecnologias Sociais), até a implementação de projetos estruturais com aplicação do material (por exemplo, projetos realizados pela empresa Bambu Carbono Zero). É importante que sejam desenvolvidos programas de incentivo pelo poder público para o uso, em larga escala, do bambu na área da engenharia, bem como se deve buscar a padronização dos procedimentos de transformação da planta em insumo de construção, de modo a assegurar sua qualidade. Por meio de avanços gradativos, que já vêm ocorrendo, torna-se mais tangível a promoção de mudanças no contexto da engenharia civil, permitindo a inserção de materiais não convencionais, tal qual o bambu, como elemento constituinte das edificações

Mesmo que as pesquisas relacionadas ao envolvimento do bambu como agente sequestrante de carbono possam parecer precipitadas e incipientes, é importante frisar que durante o tempo demandado para que uma floresta seja considerada madura, muitas toneladas de carbono foram extraídas da atmosfera e retidos na biomassa, a qual já traz significativas mudanças climáticas e

¹¹ É uma Escola prática de bioconstrução, viveiro de mudas com 60 espécies no Rio de Janeiro.

reduzindo consideravelmente o progresso do efeito estufa.

O bambu se mostra como um material de muitas propriedades, porém pouco exploradas e, o campo de estudos e pesquisa é bastante amplo. Este artigo pode ser considerado como um ensaio preliminar que sugere as infinitas vantagens do uso do bambu e abre um campo para futuros estudos de forma aprofundada.

Algumas das futuras soluções para a viabilidade do bambu na construção civil, porém, não limitado a, incluem incentivo à pesquisa e inovação, maior divulgação do potencial do bambu, desenvolvimento de redes de fornecedores e estímulo ao uso do bambu em políticas públicas.

8. Referências Bibliográficas

- [1] AZZINI, A., SANTOS, R. L. PETTINELLI JÚNIOR, A. *Bambu: Material alternativo para construções rurais*. Campinas, SP, Instituto Agrônomo de Campinas, Boletim Técnico, n. 171, p. 1-18, 1997 BAMBUSC.
- [2] LOPEZ, H. O. *Bamboo, The gift of the gods*. Oscar Hidalgo Lopez editor, 2003, 553 p.
- [3] SASTRY, C.B. *Timber for the 21st Century*. Inbar, 1999.
- [4] SOBRINHO JÚNIOR, Antônio da Silva. *Avaliação do efeito de parâmetros microestruturais e de processo de impregnação de fluidos em colmos de bambusa vulgaris*. Tese (Doutorado em Engenharia Mecânica). Universidade Federal da Paraíba, João Pessoa, 2010.
- [5] ARCHILA, H.; KAMINSKI, S.; TRUJILLO, D.; ESCAMILLA, E.Z.; HARRIES, K. A. *Bamboo reinforced concrete: a critical review*. Materials and Structures, v. 51, n. 4, p. 102, 2018
- [6] TEDESCHI, Samara Pereira, et al. *O uso do bambu: o papel da cadeia produtiva no setor moveleiro e da construção civil no Brasil*. Dissertação (Mestrado em Ciência, Tecnologia e Sociedade) – Universidade Federal de São Carlos, São Paulo, 2011.
- [7] PEREIRA, M. A. R.; BERVALDO, A. L. *Bambu de Corpo e Alma*. Bauru, SP: Canal6, 2007.
- [8] LIU, D.; ZOHONG, T.; CHANG, P. R.; LI, K.; WU, Q. *Starch composites reinforced by bamboo cellulosic crystals*. Bioresource Technology 101 (2010) 2529–2536.
- [9] LIESE, W. *The anatomy of bamboo culms*. Beijing. Technical Report, International Network for Bamboo and Rattan, 1998. 203 p
- [10] MASTAI, Y. *Materials science-advanced topics*. 1aed. Intechopen, 2013.
- [11] FARRELY, David. *The book of bamboo*. San Francisco, EUA. Sierra Club Books. 1984, 340p.il.
- [12] LOPEZ, H. O. *Bambu, su cultivo y aplicaciones en: fabricación de papel, construcción, arquitectura, ingeniería, artesanía*. Cali, estudios Técnico Colombianos Ltda, 1974, 176 p.
- [13] GRECO, T.M.; CROMBERG, M. *Bambu: cultivo e manejo*. Florianópolis: Insular. 184p., 2011.
- [14] GHAVAMI, K.; MARINHO, A. B. *Propriedades físicas e mecânicas do colmo inteiro do bambu da espécie Guadua angustifolia*. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 9, n. 1, p. 107–114, mar. 2005.
- [15] INBAR. International Network of Bamboo and Rattan. Priority species of bamboo and rattan. New Delhi, India. f.116, 1998
- [16] AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. *Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental*. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.25, p.189-197, 2001.

- [17] PACHECO, S.P.R.M.; HELENE, M.E.M. *Atmosfera, fluxos de carbono e fertilização por CO₂*. 2006. <https://doi.org/10.1590/S0103-40141990000200010>
- [18] COLTRI, P. P.; ZULLO JR, J.; GONÇALVES, Renata Ribeiro do Valle; ROMANI, Luciana Alvim S; PINTO, Hilton Silveira. *Estimativa de Biomassa e Estoque de Carbono da Safra de Café com Uso de Imagens de Satélites de Alta Resolução*. IEEE Geoscience & Remote Sensing Society, 2013.
- [19] DURIGAN, G. *Estimativas de Estoque de Carbono na Vegetação Natural do Estado de São Paulo*. Estudos da Secretaria do Meio Ambiente do Estado de São Paulo, 2004.
- [20] HERNANDES, Z.T. *Piso de bambu chinês vs. piso de eucalipto brasileiro: estudo de caso comparativo das emissões de gases de efeito estufa no transporte*. 2015. <https://doi.org/10.1590/S1678-86212015000100002>
- [21] DELGADO, P. S. *O bambu como material eco-eficiente: caracterização e estudos exploratórios de aplicações*. 2011. 67 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Materiais) – Universidade Federal de Ouro Preto, 2011.
- [22] REIS, M. G. F. *et al. Sequestro e Armazenamento de Carbono em Florestas Nativas e Plantadas dos Estados de Minas Gerais e Espírito Santo*. In: Seminário Emissão X Sequestro de CO₂, Rio de Janeiro, 1994. Anais... Rio de Janeiro: Companhia Vale do Rio Doce, 1994.
- [23] OLIVEIRA, T. L. de; FERNANDES, C. A.; OLIVEIRA, M. de F. *Florestas, unidades de conservação e comunidade tradicional: relato de experiência de uma intervenção participativa. Percepção ambiental de moradores do assentamento vale verde: relato de experiência de uma intervenção participativa*. PROEX, Santa Catarina, v. 1, n. 2, p.25-32, dez. 2011.
- [24] BORGES, L.; FARIA, B. M.; ODEBRECHT, C.; ABREU, P. C. *Potencial de Absorção de Carbono por Espécies de Microalgas Usadas na Aquicultura: Primeiros Passos para o Desenvolvimento de um “Mecanismo de Desenvolvimento Limpo”*. Rio Grande, Atlântica, 29(1): 35-46, 2007.
- [25] HANSTEIN, S.; BEER, D.; FELLE, H. H. *Miniaturised carbon dioxide sensor designed for measurements within plant leaves*. Sensors and Actuators B, 81, p:107–114. 2001.
- [26] LANA, S. L.; DELGADO, P. S.; AYRES, E.; ORÉFICE, R. L. *The Potential of Bamboo for the Design of Polymer Composites*. In. Materials Research. 2012.

ANEXO A

Quadro 1: Espécies prioritárias de bambus

Espécie	Alturas dos Colmos (m)	Diâmetro dos Colmos (cm)	Espessura das Paredes (cm)	Comprimento do Entrenó (cm)	Usos
<i>Bambusa balcooa</i>	20 a 24	8 a 15	2 a 2,5	30 a 45	Construções, casas e pontes
<i>Bambusa bambos</i>	15 a 30	15 a 18	1 a 1,5	20 a 40	Estrutural, material de construção e placa de bambu (Plybamboo)
<i>Bambusa blumeana</i>	15 a 25	6 a 10	0,5 a 3	25 a 60	Construção, laminado de bambu
<i>Bambusa Tulda</i>	até 30	5 a 10	0,4 a 0,7	40 a 70	Estruturas de madeira de qualidade média, construção
<i>Bambusa vulgaris</i>	8 a 20	5 a 10	0,7 a 1,5	25 a 35	Construção, andaimes
<i>Dendrocalamus asper</i>	20 a 30	8 a 20	1,1 a 2	20 a 45	Estrutural, útil para construção pesada em comunidades rurais
<i>Dendrocalamus giganteus</i>	24 a 60	10 a 20	2,5	40 a 50	Bambu gigante, utilizado na indústria de laminado colado
<i>Gigantochloa apus</i>	8 a 30	4 a 13	1,5	36 a 45	Múltiplos usos, como ripas e laminados, materiais de construção e fins estruturais
<i>Gigantochloa levis</i>	até 30	5 a 16	1 a 1,2	45	Estrutural
<i>Gigantochloa pseudoarundinacea</i>	7 a 30	5 a 13	2	35 a 45	Estruturas de madeira, materiais de construção, tubulações de água
<i>Melocanna baccifera</i>	10 a 20	5 a 7	0,5 a 1,2	20 a 50	Coberturas em construções de casas

Fonte: INBAR [15]



Expediente

Supervisão Editorial:

Eduardo Linhares Qualharini

Conselho Editorial:

André Baptista Barcaui, D. Sc. UFRJ, Brasil
Assed Naked Haddad, D. Sc. UFRJ, Brasil.
João Carlos Gonçalves Lanzinha, D. Sc. UBI, Portugal
José Rodrigues de Farias Filho, D.Sc. UFF, Brasil
Raphael Albergarias Lopes, IPMA, D.Sc. Brasil
Vasco Manuel A. Peixoto de Freitas, D. Sc. FEUP, Portugal

Comitê Editorial:

Ahmed W. A. Hammad, D. Sc. UNSW, Austrália
Americo Pinto, D. Sc. Brasil
Claudia Garrido Martins, D. Sc. UNCC, EUA
Darci Prado, PhD., Brasil
Diego André Vasco Calle, D. Sc. Usach, Chile
Dieter Thomas Boer, D. Sc. URV, Espanha
Ricardo Viana Vargas, PhD., UFF, Brasil
Sheila Mara Baptista Serra, D. Sc. UFSCar, Brasil
Vivian W. Y. Tam, PhD. WSU, Austrália

Jornalista Responsável, edição e diagramação:

Denise da Silva Mello Lacerda _ SRTE/RJ 33887

Periodicidade da Publicação

Bimestral

Contato:

Núcleo de Pesquisas em Planejamento e Gestão – NPPG
Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro
Av. Athos da Silveira Ramos, 149 - Bloco D, sala 207
Cidade Universitária – Rio de Janeiro – CEP: 21941-909
(21) 3938-7965
boletimdogerenciamento@poli.ufrj.br