

eSALENG

Revista Eletrônica do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium - Araçatuba (São Paulo)

ISSN 2448-1432



**Attribution-NonCommercial 4.0
International (CC BY-NC 4.0)**

2026 - nº 12

eSALENG

A **Revista eSALENG** é uma idealização pensada em incentivar, prioritariamente, a produção científica textual por parte dos acadêmicos das Engenharias de Bioprocessos, Civil, Computação, Elétrica, Mecânica e Mecatrônica, além dos Cursos Superiores de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Tecnologia em Jogos Digitais, permitindo não só promover a divulgação científica das áreas das ciências exatas e tecnológicas, mas também a troca e ampliação do conhecimento acadêmico.

ISSN 2448-1432

Corpo Editorial

Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba

Conselho Diretivo

Pe. Paulo Fernando Vendrame
Presidente

Prof. André Luis Ornellas
Vice-Presidente

Prof. Edval Rodrigues de Viveiros
Prof. Hercules Farnesi da Costa Cunha
Coordenadores da Revista

Conselho Editorial

Prof. Giuliano Mikael Tonelo Pincerato
Profa. Maria Aparecida Teixeira Bicharelli
Prof. Nelson Hitoshi Takiy

Conselho Consultivo

Prof. Edval Rodrigues de Viveiros
Prof. Fernando Gabriel Eguia Pereira Soares
Prof. Hercules Farnesi da Costa Cunha

Capa, Diagramação e Arte-Final

Prof. Maikon Luís Malaquias
Rosiane Cerverizo

MSTMT UniSALESIANO Araçatuba
Rodovia Senador Teotônio Vilela, 3821 – Jardim Alvorada – Araçatuba/SP – Brasil
(18) 3636-5252 – Fax (18) 3636-5274

Idioma: Português
Periodicidade: anual

E-mail: unisalesiano@unisalesiano.com.br
Site: www.unisalesiano.edu.br

Normas de Publicação

A **Revista eSALENG** aceita apenas artigos inéditos e exclusivos, ou seja, que não tenham sido publicados e nem que venham a ser publicados em outro veículo, exceto quando autorizado por escrito. Os textos poderão ter sido originados em disciplinas acadêmicas, como resultado de pesquisa de iniciação científica, e ainda como produto de trabalho de conclusão de curso.

A ordem em que aparecem os nomes dos autores poderá ser alfabética, quando não houver prioridade de autoria, sendo que o nome do orientador aparecerá por último. Havendo prioridade de autoria do artigo, a ordem de colocação dos nomes corresponderá o primeiro nome ao autor principal, e os demais na ordem hierárquica de importância, figurando o nome do orientador por último.

Caso o artigo seja aceito para publicação, os autores devem assinar o Termo de Aceite de Publicação, disponível no site da revista.

Se o trabalho envolver pesquisa com seres humanos, deverá ser mencionado o número do processo de autorização pelo Comitê de Ética em Pesquisa.

Os artigos devem ter no mínimo 8 e o máximo de 18 páginas. Segue abaixo um template com as formatações. Para as normas de formatação geral do artigo, utilizar o padrão contido no Manual do UniSALESIANO, basicamente fundamentadas nas normas ABNT.

Contato

Sugestões de temas para publicações, críticas e contribuições pertinentes podem ser endereçadas ao e-mail: universitaria@unisalesiano.com.br. Ou também através do telefone PABX (18) 3636-5252.

Endereço: Rodovia Senador Teotônio Vilela, 3821 – Bairro Alvorada – Araçatuba – SP
CEP.: 16016-500

ÍNDICE

Alimentador automatizado e bebedouro para gatos e cães de pequeno porte.....	06
Análise da ação de aditivos plastificantes em concreto convencional por meio de ensaios laboratoriais.....	19
Análise orçamental de uma residência projetada com métodos construtivos sustentáveis.....	37
Aproveitamento de águas pluviais e tratamento preliminar de águas cinzas em um condomínio residencial.....	49
Das Redes Convolucionais aos Modelos Multimodais. Uma revisão técnica sobre arquiteturas de inteligência artificial generativa de imagens.....	76
Desenvolvimento de uma estufa IoT para monitoramento remoto de hortaliças.....	88
Desenvolvimento de uma Rede Neural para predição de deficiências nutricionais em crianças e recomendação alimentar em aplicativo Android	102
Ensaio experimental para verificação do aumento da carga suportada por uma treliça projetada em perfis de LSF.....	119
Estudo da execução e viabilidade de vigas pré-moldadas em canteiro.....	139
Funções Hash Criptográficas e Colisões - uma análise dos algoritmos MD5-SHA-1-SHA-256 e SHA-512.....	158
Mobilidade Inteligente - Sistema de Orientação para Deficientes Visuais.....	172
Oficina Permanente de Roteiro e Storyboard - Estratégia interdisciplinar de formação no CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO.....	183
NORMAS PARA PUBLICAÇÃO.....	195

APRESENTAÇÃO

A Revista **eSALENG**, ao comemorar a sua primeira década de existência, continua comprometida em publicar trabalhos idealizados por alunos, com assistência direta dos professores, que querem e precisam expor a aplicabilidade dos seus conhecimentos adquiridos ao longo dos anos de estudos nas diversas áreas das Engenharias de Bioprocessos, Civil, Computação, Elétrica, Mecânica e Mecatrônica, além dos Cursos Superiores de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas e Tecnologia em Jogos Digitais.

As variáveis têm sido muitas e as ideias não param de fluir através dos debates e discussões, quase sempre acalorados, dentro e fora das salas de aula, quando se quer o melhor na busca da promoção de ideais contínuos ao se falar em ampliação da qualidade de vida, com conceitos diversos para uma comunidade ainda jovem de conhecimentos.

Difícil o trabalho de seleção das produções científicas e que ganham espaço na **eSALENG**, mas a primeira etapa começa a ser vencida com a conquista das ideias mais arrojadas e que demonstraram praticidade na sua aplicação. A dedicação do alunado é primordial e muitos deles assumem, já a partir daí, o seu perfil profissional e que, certamente, definirá o seu futuro no mercado de trabalho.

Assim, temos a certeza de que os estudos apresentados nesta **Revista eSALENG 12** nos levarão a reflexões para futuros mais certos e seguros.

Uma boa leitura!

Alimentador automatizado e bebedouro para gatos e cães de pequeno porte

Automated feeder and drinking fountain for cats and small dogs

Daniel do Bonfim de Barros¹
Fábio Medina Favarin²
Laís Fernanda Gregório³
Sérgio Luiz Tonsig⁴

RESUMO

Nos últimos anos, houve um grande aumento na procura e adoção de gatos e cães como animais de estimação no Brasil, fazendo com que os pets ganhassem cada vez mais espaço nos lares. Paralelamente a este aumento, a busca por produtos e serviços voltados aos cuidados e bem-estar dos mesmos tornou-se cada vez mais recorrentes, ocasionando uma grande expansão do mercado pet não só em nosso país como no mundo. Contribuindo para esse mercado, criou-se o projeto para automação da alimentação e hidratação para gatos e cães de pequeno porte.

Palavras-Chave: Automação de sistemas. Alimentador para pets. Armazenamento de dados em nuvem. Internet das coisas (IOT).

ABSTRACT

In recent years, there has been a huge increase in the demand for and adoption of cats and dogs as pets in Brazil, making pets gain more and more space in homes. Parallel to this increase, the search for products and services aimed at their care and well-being has become increasingly recurrent, causing a great expansion of the pet market not only in our country but in the world. Contributing to this market, a project was created to automate feeding and hydration for cats and small dogs.

Keywords: Systems automation. Pet feeder. Cloud data storage. Internet of Things (IoT).

¹ Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba. mlknel@hotmail.com

² Acadêmico do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba. fabiomeedina@gmail.com

³ Acadêmica do 10º termo do curso de Engenharia da Computação no Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba. lahgregoriiio@gmail.com

⁴ Analista de Sistemas, Mestre em Informática pela PUC – Campinas, Coordenador de Projetos na empresa Gigatron Franchising, e docente no curso de Engenharia da Computação no Centro Católico Salesiano Auxilium – UniSALESIANO de Araçatuba.

Introdução

A adoção e busca por animais de estimação tornou-se cada vez mais comum com o passar dos anos, principalmente no Brasil, que de acordo com levantamento feito pelo IBGE, em 2019, foram contabilizados cerca de 139,3 milhões de *pets*⁵ presentes nas casas dos brasileiros, sendo em sua maioria cães e gatos (INSTITUTO PET BRASIL, 2019). Com o início da pandemia e a realização do distanciamento social, os números tenderam a aumentar cada vez mais, que de acordo com o levantamento Radar Pet de 2021, realizado pela Comissão de Animais de Companhia Comac, ligada ao Sindicato da Indústria Veterinária, houve um aumento de praticamente 30% de animais de companhia nos lares brasileiros (COSTA, 2021), assim como um aumento de 40% nas buscas de animais domésticos, estimado pelo levantamento feito pela ONG Viva Bicho, de Balneário Camboriú (FARIAS, 2021).

Concomitantemente, as buscas por produtos e serviços ligados aos pets também aumentaram e, de acordo com dados levantados pelo Instituto Pet Brasil, esse mercado faturou cerca de R\$ 51,7 bilhões em 2021; números que equivalem a 27% a mais que nos anos anteriores e com a expectativa de melhora crescente (CARDOSO, 2022).

Contextualizado no cenário geral apresentado, considerou-se o estudo deste projeto uma visualização que pudesse colaborar com os donos desses animais nos aspectos relacionados a sua alimentação e hidratação.

Assim, este projeto considera a utilização de conceitos de automação empregando IOT⁶, para o controle de tempo entre as refeições, juntamente com o controle de quantidade necessária para cada uma delas, gerando um relatório diário que auxiliará em avaliações de irregularidades alimentares; como por exemplo, em uma situação onde o animal não esteja se alimentando conforme o esperado e, que, talvez seja indício da necessidade de uma avaliação junto ao veterinário.

O projeto visa também auxiliar os donos dos pets nos casos de ausência mais prolongada, considerando que não se tenha alguém para cuidar do animal nesse período. A automação prevista neste estudo utilizará recipientes capazes de armazenar uma

⁵ Termo inglês que designa animal de estimação.

⁶ *Internet of Things* – Internet das Coisas.

quantidade de comida e água por certo tempo, até que o cuidador volte e possa reabastece-los.

No desenvolvimento deste projeto foram aplicados os conhecimentos adquiridos em aulas e pesquisas diversas, abrangendo as seguintes áreas tecnológicas: desenvolvimento de aplicativo web, desenvolvimento de banco de dados e o desenvolvimento dos hardwares e estruturas do alimentador e do bebedouro.

Revisão Bibliográfica

Alimentadores controlados por aplicações e capazes de disponibilizar ração de forma automática já são uma realidade ao redor do mundo, utilizando dos mais diversos tipos de tecnologias com o intuito de proporcionar maior praticidade na hora de realizar a alimentação de um pet. Podem ser citados diversos produtos que fazem muito sucesso no mercado, como por exemplo o *Nutri Alimentador Inteligente Pro Ekasa*, capaz de ser programado via aplicativo para despejar determinadas quantidades de ração em qualquer momento do dia e possuir funcionalidade de câmera com armazenamento de imagens, ou modelos mais simples como o alimentador *GT652 Lorben*, que também consegue fazer o controle de quantidade de ração, em intervalos de tempo programáveis.

Contudo, a maioria dos alimentadores se resumem apenas ao controle da quantidade de ração em determinados horários do dia, sem realizar um monitoramento mais adequado e que possa ajudar nos cuidados com a saúde do pet. O mesmo ocorre com os bebedouros, que acabam se resumindo na utilização de bombas submersas para manter a água em movimento, sem a preocupação de monitorar se o animal está se hidratando ou não.

Neste trabalho, a utilização de tecnologias, como a automação de processos e desenvolvimento IOT, são peças fundamentais para o aprimoramento dos conceitos já apresentados pelos alimentadores e bebedouros atuais, juntamente com a implementação de métodos de monitoramento via sensores que proporcionem mais informações sobre o bem-estar do pet para seu dono. Os recursos tecnológicos aplicados neste estudo são citados a seguir.

NodeMCU ESP32 – placa de desenvolvimento que consiste de um microprocessador de baixa potência dual core, com suporte embutido à rede WiFi, Bluetooth e memória flash

integrada (OLIVEIRA, 2017; ESPRESSIF, 2022). Será utilizada para controlar os demais componentes presentes no projeto, sendo sensores infravermelhos, motor de voltagem contínua, célula de carga, sensores de nível e bomba submersa, além de ser responsável por enviar notificações ao usuário sobre a quantidade de vezes em que o animal compareceu às estruturas de alimentação e hidratação, além das quantidades existentes de alimento e água nos reservatórios.

Aplicação Web – é uma solução desenvolvida em html, css e Javascript que é executada diretamente em um navegador, sem a necessidade de realizar qualquer tipo de instalação em uma máquina do usuário (NOLETO, 2020). Resumidamente, será utilizada para que o usuário possa realizar a programação das rotinas alimentícias do animal, além de poder requisitar relatórios de presença do pet e históricos das alimentações realizadas.

Firestore Real Time Database – é um banco de dados NoSQL hospedado na nuvem da Google, que possibilita o armazenamento de dados e suas sincronizações em tempo real, com todos os clientes conectados a ele, independentemente da plataforma (*Android*, *IOS* ou *Web*) (FIREBASE, 2022). Será utilizado como base de dados para armazenar as informações vindas dos sensores de nível do alimentador e do bebedouro, utilizadas para o preenchimento dos relatórios alimentícios do animal, junto das rotinas de alimentação programadas e criadas pelo usuário.

IOXhop_FirebaseESP32.h – uma biblioteca utilizada para a conexão entre o ESP32 e o *Firestore Real Time Database* (ARTRON SHOP, 2018). Será utilizada para o envio de dados lidos pelos sensores presentes no alimentador e no bebedouro para o banco em tempo real para a criação dos relatórios alimentares.

Metodologia

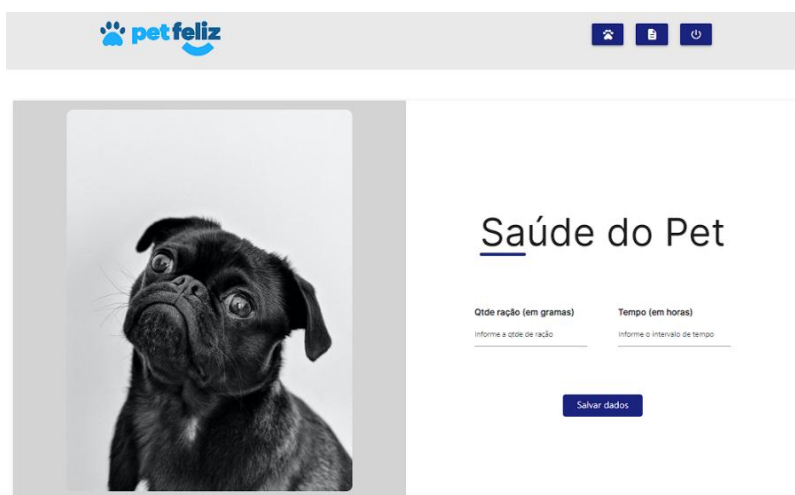
Para o desenvolvimento do projeto, foram realizadas pesquisas sobre a importância de uma rotina alimentar para cães e gatos (LIMA, 2022; LOPES, 2020; MORAES, 2022; PETZ, 2022), de forma a idealizar algoritmos capazes de efetua-los de maneira eficaz, além de pesquisas na área de automação, com processos utilizando o

conceito de IOT, para realizar a captura de dados retornados pelos sensores e o armazenamento em uma base de dados hospedada em nuvem.

A partir das pesquisas feitas, foi desenvolvida uma aplicação web utilizando-se html, css e Javascript que hoje compõem o estado atual da arte como elementos básicos para o ambiente Web (MARQUES, 2022; NOLETO, 2022). Em seu funcionamento, o usuário consegue programar a rotina alimentar do pet, estabelecendo a quantidade de alimento por refeição e o tempo de intervalo entre cada uma. Dessa forma, é possível oferecer um ambiente de fácil customização para dietas mais específicas.

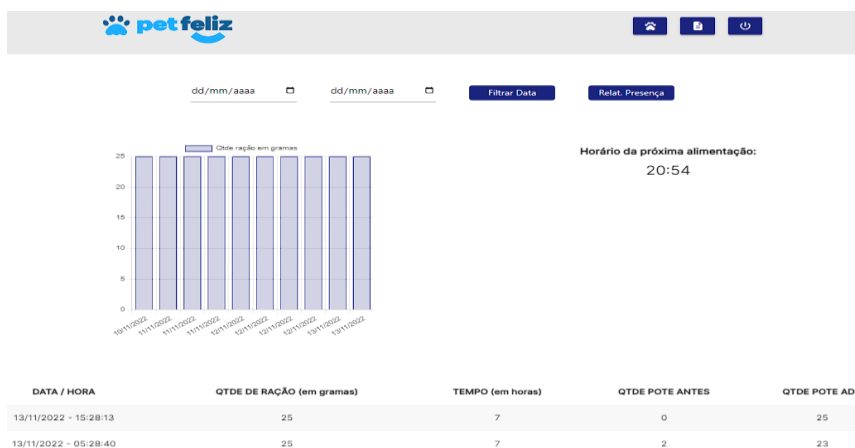
Além da programação das rotinas alimentares (figura 1), são disponibilizados também os relatórios de alimentação (figura 2) e presença do animal durante o dia nas estruturas.

Figura 1: Tela de programação da rotina de alimentação. Fonte: próprios autores.



Fonte: próprios autores.

Figura 2: Tela de relatório.

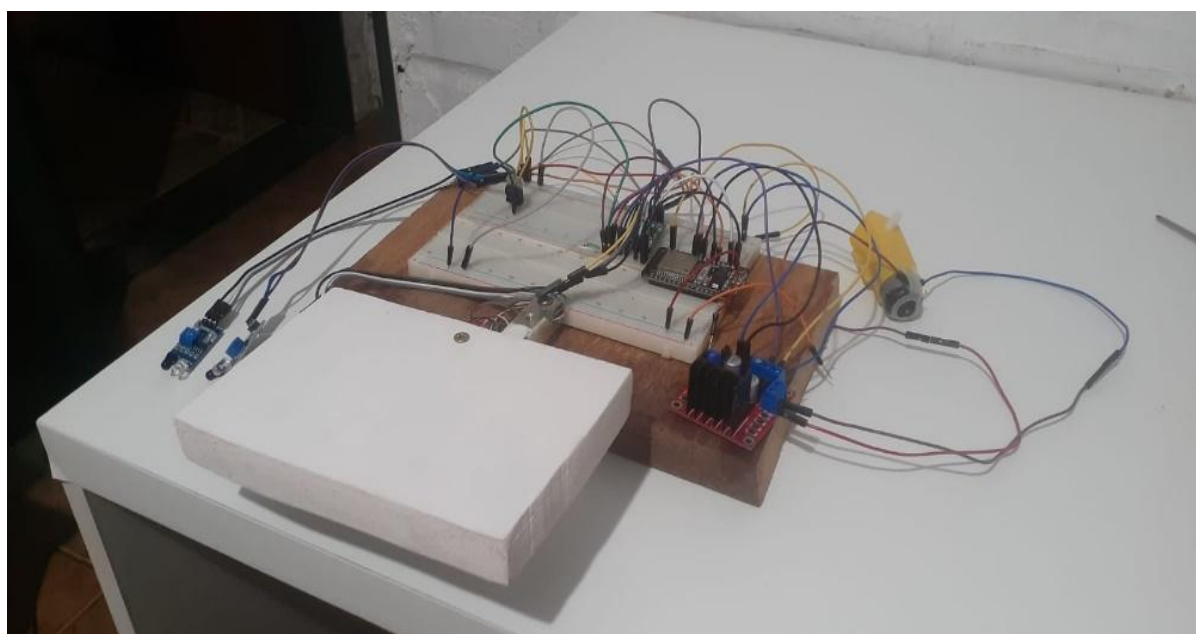


Fonte: próprios autores.

O relatório de alimentação permite saber se o animal está consumido devidamente as porções de ração entre os intervalos estabelecidos ou não. Caso não esteja, pode ser sintoma de algum tipo de problema sério na saúde do animal. O monitoramento de presença pode ser um aspecto crítico para a indicação de problemas; como, por exemplo, a falta de nutrientes, quando há pouca procura pelo alimentador. De outro lado, se a presença for frequente, pode indicar uma possível existência de parasitas internos, como vermes (VETQUALITY, 2020). O mesmo ocorre junto ao bebedouro, com um comparecimento excessivo, que pode indicar problemas renais ou insuficiência hepática (LOPES, 2020).

Junto ao desenvolvimento da aplicação, foram desenvolvidos os hardwares do alimentador e do bebedouro, utilizando duas placas de desenvolvimento *NodeMCU* ESP32, como suas controladoras. O hardware do alimentador (figura 3) conta com um motor de 5 volts acionado por um l298n (componente de acionamento ponte-h), responsável por movimentar uma hélice helicoidal, realizando o transporte da ração do reservatório até o pote de alimentação. Neste pote, uma célula de carga é responsável por detectar a quantidade de alimento presente, realizando o controle da ração que deve ser despejada, junto com sensores de obstáculo infravermelho, responsável por realizar o monitoramento de nível mínimo no reservatório de ração.

Figura 3: Hardware do alimentador.



Fonte: próprios autores.

Já o bebedouro (figura 4) possui um sistema mais simples, que é composto apenas por uma bomba submersa de 5 volts responsável pelo bombeamento de água, junto de um sensor de nível do tipo boia, que é responsável pelo sensoramento de nível mínimo do reservatório de água.

Figura 4: Hardware do bebedouro.



Fonte: próprios autores.

Além disso, ambos os hardwares são equipados com sensores de obstáculo infravermelhos que atuarão como sensores de presença, sendo responsáveis por detectar a quantidade de vezes que o animal se aproxima dos mesmos.

A estrutura física que comporta os componentes do alimentador foi feita em madeira MDF, junto de algumas partes desenvolvidas a partir de impressão 3D, como o sistema de transporte com a hélice helicoidal. Já para o bebedouro, foi utilizada uma estrutura pronta, que foi adaptada para receber os sensoramentos de presença e de nível, além de uma bomba submersa. Ambas estruturas são apresentadas na figura a seguir.

Figura 5: Acabamento do alimentador e do bebedouro.



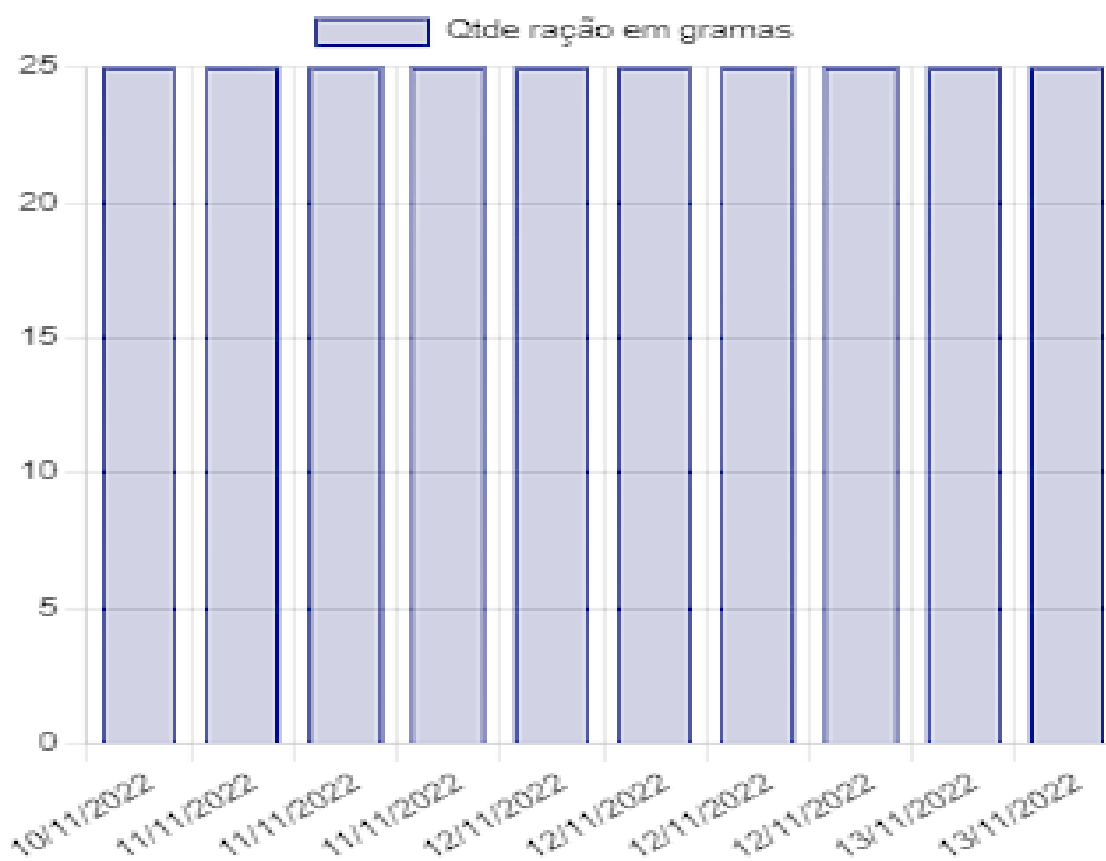
Fonte: próprios autores.

Testes e Resultados

Os testes realizados consistiram na verificação de dois aspectos fundamentais para o projeto, sendo o primeiro a verificação de todas as funcionalidades; o segundo, para verificação de adaptação do animal com as estruturas, uma vez que alguns pets tendem a não se adaptar com a mudança de seus ambientes de alimentação e hidratação.

Os testes foram realizados com a troca dos recipientes de alimentação e hidratação de um gato, pelas estruturas desenvolvidas, onde utilizou-se uma rotina de alimentação de 25 gramas de ração em intervalos de sete horas, atendendo ao consumo diário de 75 a 100 gramas por dia, já consumido pelo animal anteriormente, além de dois litros de água disponibilizados à vontade, através do bebedouro. É possível observar (figura 7) que o gráfico de alimentações, apresentando as datas e quantidades de alimentos das últimas 10 refeições realizadas.

Figura 7: Gráfico de alimentação dos testes.



Fonte: próprios autores.

Na figura 8, pode-se observar a tabela de alimentações, que mostra as informações

de cada alimentação, de forma mais detalhada, apresentando a data junto ao horário em que foi realizada, quantidade de ração programada, o tempo em horas do intervalo programado das alimentações e as quantidades existentes antes e depois do acionamento do alimentador.

Figura 8: Tabela de alimentação dos testes.

DATA / HORA	QTDE DE RAÇÃO (em gramas)	TEMPO (em horas)	QTDE POTE ANTES	QTDE POTE ADD
13/11/2022 - 15:28:13	25	7	0	25
13/11/2022 - 05:28:40	25	7	2	23
12/11/2022 - 22:28:52	25	7	10	15
12/11/2022 - 15:28:24	25	7	5	20
12/11/2022 - 08:28:42	25	7	15	10
12/11/2022 - 01:28:20	25	7	1	24
11/11/2022 - 18:28:43	25	7	5	20
11/11/2022 - 11:28:22	25	7	14	11
11/11/2022 - 04:28:24	25	7	10	15
10/11/2022 - 21:28:38	25	7	0	25

Fonte: próprios autores.

As informações encontradas nas figuras representam os dados obtidos durante um período de testes de quatro dias, onde é possível observar que o período de intervalo foi respeitado em todas as refeições, assim como a quantidade programada, reabastecendo sempre a quantidade necessária para que fosse atendida a quantidade de 25 gramas estabelecida para cada alimentação.

Conclusão

A abordagem apresentada neste estudo empregou o desenvolvimento de duas estruturas para os cuidados com a alimentação e hidratação de animais de estimação, junto do desenvolvimento de uma aplicação WEB para obter comandos do usuário, capazes de realizar alimentações de forma automática, monitoramento do nível de reservatórios e captação de presença, a partir do uso de placas de desenvolvimento ESP32, programação utilizando HTML, CSS e JavaScript, além de sensores de boia, peso e

obstáculo.

Para o desenvolvimento deste projeto, foram necessárias pesquisas aprofundadas em conceitos e aplicações quanto à área de automatização de processos, desenvolvimento de aplicações WEB, desenvolvimento de projetos IOT e alimentação saudável para gatos e cães.

Neste trabalho, foi demonstrado como o processo de automação e desenvolvimento de projetos IOT dependem de um conjunto de ferramentas de sensoriamento e manipulação dos dados fornecidos por eles, desde a etapa de leitura das informações (aquisição das informações dos sensores), até o tratamento e armazenamento das mesmas em um banco de dados para que possam ser requisitadas posteriormente para análise.

Os resultados obtidos demonstram que a utilização da placa de desenvolvimento do ESP32 para controle dos componentes de sensoriamento e acionamento dos demais componentes é satisfatória, assim como a utilização de sensores de obstáculo para o sensoriamento dos níveis de ração no reservatório do alimentador e presença do animal nas estruturas. A adaptação do animal também foi satisfatória, se acostumando rapidamente com as estruturas logo na primeira alimentação. Todavia, foi possível notar que em determinados momentos, durante a alimentação do animal, devido ao baixo campo de captação lateral do sensor de obstáculo, não foram contabilizadas algumas das presenças nas estruturas e até mesmo contabilizações a mais, uma vez que o animal se reposiciona durante sua alimentação ou hidratação, alterando o valor final disponibilizado no relatório diário. Para tornar esse sensoriamento mais eficaz, a utilização de um sensor ultrassônico seria uma possível solução, já que ele também pode ser utilizado para identificar a presença do animal e possuir um campo de identificação maior, quando comparado ao sensor de obstáculo.

Outro ponto a se ressaltar são os possíveis travamentos, que podem ocorrer durante o processo de transporte da ração pela hélice helicoidal dosadora. Esses travamentos ocorrem entre a intersecção do reservatório e o tubo de transporte em que a hélice está comportada, fazendo com que durante seu funcionamento, alguns grãos de ração fiquem entre as duas, resultando em um aumento de carga na hélice e, conseqüentemente, seu rompimento. Uma possível solução para este caso seria a troca do material da hélice por materiais como alumínio ou ferro, que possuem maior resistência,

quando comparados com o filamento 3D utilizado (*Polyethylene Terephthalate*). Com a troca do material da hélice, recomenda-se também a troca do motor responsável por seu acionamento, uma vez que o motor utilizado neste projeto não possui força o suficiente para rotacionar hélices de materiais mais pesados.

Assim, conclui-se que o desenvolvimento de um alimentador automatizado e de um bebedouro, foram capazes de realizar o sensoriamento de quantidade e presença de alimento e água nos reservatórios, além de fornecer quantidades precisas de alimento programadas pelo próprio usuário através de uma aplicação web.

Para trabalhos futuros, sugere-se um aperfeiçoamento dos sensores de obstáculos, que verificam a presença do animal. Ele poderá ser alterado para um modelo que possua campo de captação maior que o utilizado; a implementação de novas funcionalidades e que proporcionem mais informações sobre o bem-estar do animal, como monitoramento de peso, uma rotina de armazenamento de dados em casos de queda de energia, além da troca do material da hélice dosadora por um de maior resistência, bem como a troca do motor que a aciona, por um com maior potência.

Referências Bibliográficas

ARTRON SHOP. **IOXhop_FirebaseESP32**. GitHub, 2018. Disponível em: https://github.com/ArtronShop/IOXhop_FirebaseESP32. Acesso em 12 de abr. de 2022.

CARDOSO, Andreia. **Mercado pet brasileiro: como o amor pelos animais impulsiona os negócios**. Instituto Pet Brasil, 2022. Disponível em: <https://institutopetbrasil.com/fique-por-dentro/amor-pelos-animais-impulsiona-os-negocios/>. Acesso em 13 de abr. de 2022.

COSTA, Kariane. **Aumenta em 30% a presença de animais de companhia em lares brasileiros**. Rádio agência nacional, 2021. Disponível em: <https://agenciabrasil.ebc.com.br/radioagencia-nacional/geral/audio/2021-07/aumenta-em-30-presenca-de-animais-de-companhia-em-lares-brasileiros#:~:text=De%20acordo%20com%20a%20pesquisa,a%20pandemia%20do%20novo%20coronav%20C3%A9Drus>. Acesso em 12 de abr. de 2022.

ESPRESSIF, Systems. **ESP32 Series Datasheet**. Disponível em: https://www.espressif.com/sites/default/files/documentation/esp32_datasheet_en.pdf. Acesso em 12 de abr. de 2022.

FARIAS, Gabriely. **Adoção e compra de animais cresce na pandemia**. Cobaia, 2021. Disponível em: <http://jornalcobaia.com.br/numero-de-compra-e-adocao-de-animais-de-estimacao-cresce-em-meio-a-pandemia/#:~:text=Durante%20a%20pandemia%2C%20a%20procura,ado%20C3%A7%C3%A3o%20de%20c%C3%A9s%20e%20gatos>. Acesso em 13 de abr. de 2022.

FIREBASE. **Banco de dados em tempo real do Firebase.** Firebase, 2022. Disponível em: <https://firebase.google.com/docs/database?hl=pt-br>. Acesso em 25 de jul. de 2022.

INSTITUTO PET BRASIL, **Censo Pet: 139,3 milhões de animais de estimação no Brasil.** 2019. Disponível em: <https://institutopetbrasil.com/imprensa/censo-pet-1393-milhoes-de-animais-de-estimacao-no-brasil/>. Acesso em 12 de abr. de 2022.

LIMA, Ursula. **Quantidade de ração para gatos: descubra qual a porção ideal em cada fase da vida do felino.** Pata da casa, 2020. Disponível em: https://www.patasdacasa.com.br/noticia/qual-a-quantidade-de-racao-para-gatos-ideal_a1450/1. Acesso em 01 de abr. de 2022.

LOPES, Luana. **Cachorro bebendo muita água indica algum problema? Entenda!** Pata da Casa, 2020. Disponível em: https://www.patasdacasa.com.br/noticia/cachorro-bebendo-muita-agua-indica-algum-problema-entenda_a1214/1#:~:text=O%20cachorro%20tomando%20muita%20%C3%A1gua.org anismo%20e%20%C3%B3rg%C3%A3os%20do%20animal. Acesso em 20 de jul. 2022.

MARQUES, Rafael. **O que é HTML? Entenda de forma descomplicada.** Home Host, 2019. Disponível em: <https://www.homehost.com.br/blog/tutoriais/o-que-e-html/#top01>. Acesso em 30 de mai. de 2022.

MISCHIANI, Renzo. **Doit esp32 dev kit v1 high resolution pinout and specs.** Renzo Mischianti, 2021. Disponível em: <https://www.mischianti.org/2021/02/17/doit-esp32-dev-kit-v1-high-resolution-pinout-and-specs/>. Acesso em 25 abr. de 2022.

MORAES, Robson. **Gatos tendem a comer várias vezes ao dia, mas é importante determinar um horário.** Folha Go, 2021. Disponível em: <https://folhago.com.br/blogs/my-pet/dicaspets/qual-o-melhor-horario-para-alimentar-o-gato-veja-essas-dicas-para-o-pet-nao-ficar-obeso/16716/>. Acesso em 29 mar. de 2022.

NOLETO, Caio. **Aplicações web: entenda o que são e como funcionam!** Trybe, 2020. Disponível em: <https://blog.betrybe.com/desenvolvimento-web/aplicacoes-web/>. Acesso em 01 de abr. de 2022.

NTRONICS. **SPIFFS – Como carregar dados na memória flash do esp8266.** NTRONICS Desenvolvimento em Automações, 2018. Disponível em: https://www.ntronics.com.br/sem-categoria/direto_na_spiffs/. Acesso em 25 de abr. de 2022.

OLIVEIRA, Euler. **Conhecendo o NodeMCU-32S ESP32.** Master Walker, 2017. Disponível em: <https://blogmasterwalkershop.com.br/embarcados/esp32/conhecendo-o-nodemcu-32s-esp32>. Acesso em 15 de abril de 2022.

PETZ. **Como fazer o gato beber água? 7 dicas para ajudar seu pet.** Blog Petz, 2020. Disponível em: <https://www.petz.com.br/blog/bem-estar/gatos-bem-estar/gato-beber-agua/>. Acesso em 03 de abr. de 2022.

PETZ. **Descubra como calcular a quantidade de ração para gato.** Blog Petz, 2021. Disponível em: <https://www.petz.com.br/blog/nutricao/quantidade-de-racao-para-gato/>. Acesso em 02 de abr. de 2022.

PURINA. **Alimentar o seu cachorro - Guia completo.** Disponível em: <https://www.purina.pt/artigos/caes/alimentacao/conselhos/alimentar-cachorros>. Acesso em 02 de abr. de 2022.

VETQUALITY. **Afinal, é normal um cachorro estar sempre com fome?** Vet Quality Centro Veterinário 24h, 2020. Disponível em: <https://www.vetquality.com.br/cachorro-sempre-com-fome/>. Acesso em 20 de jul. de 2022.

Análise da ação de aditivos plastificantes em concreto convencional por meio de ensaios laboratoriais

Action analysis of plasticizer additives in conventional concrete by laboratory tests

Fernanda Scardovelli de Almeida¹

Maxwel Cavallin²

André Luís Gamino³

RESUMO

O concreto é um dos materiais mais utilizados na construção civil. A sua capacidade de se moldar as peças enquanto seu estado líquido e sua alta resistência em sua característica final garantem a sua visibilidade no mercado. Mudanças foram necessárias para que este se adequasse as exigências do comércio em grande crescente. O acréscimo de aditivos foi uma dessas mudanças. O aditivo superplastificante trouxe características ao concreto como a aceleração da cura, maior trabalhabilidade e facilidade de aplicação em locais de difícil acessibilidade. Este trabalho analisou as particularidades de cada tipo de concreto, destacando suas principais diferenças enquanto, preparos, ensaios e aplicação demonstrados por meio de execução de ensaios para o concreto no estado fresco, apresentados pelas normas vigentes. O trabalho examinou também a sua ação enquanto modificador das propriedades do concreto convencional, por intermédio de uma análise comparativa, realizada através de ensaios laboratoriais de compressão uniaxial e análise gráfica que demonstra a evolutiva dos resultados. Concluiu-se que o uso de aditivos plastificantes provoca acréscimo a resistência final do concreto, contribuindo para o melhor desempenho do material.

Palavras-Chave: Concreto; Aditivos; Resistência à compressão uniaxial; Trabalhabilidade.

ABSTRACT

The concrete is one of the most used materials in construction. Their ability to shape parts while their liquid state and their high strength in their final feature ensure their visibility in the market. Changes were necessary to make it fit the requirements of the rapidly growing trade. The addition of additives was one such change. The superplasticizer additive brought characteristics to the concrete such as acceleration of cure, greater workability and ease of application in places of difficult accessibility. This work analyzed the particularities of each type of concrete, highlighting its main differences as preparation, testing and application demonstrated by performing tests for fresh concrete, presented by the current standards. The work also examined its action as a modifier of the properties of conventional concrete, through a comparative analysis, performed through laboratory tests of uniaxial compression and graphical analysis that demonstrates the evolution of the results. It was concluded that the use of plasticizing additives increases the final strength of the concrete, contributing to a better material performance.

Keywords: Concrete; Admixture; Resistance to uniaxial compression; Workability

¹ Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Introdução

O concreto é um dos materiais mais utilizados no mundo. Mas antes da sua utilização, o homem já buscava meios de ligação ou revestimento para as suas construções, tendo assim registros de utilização de materiais como a argila a fim de atender funções que posteriormente seriam atribuídas ao concreto.

Segundo a NBR 12655 (2015), o concreto é considerado um:

[...] material formado pela mistura homogênea de cimento, agregados miúdos e graúdos e água, com ou sem a incorporação de componentes minoritários (aditivos químicos, pigmentos, metacaulim, sílica ativa e outros materiais pozolânicos), que desenvolve suas propriedades pelo endurecimento da pasta de cimento (cimento e água).

Dentro dos parâmetros estabelecidos por norma, foi possível a criação de diversos tipos de concreto, por intermédio da alteração do traço ou acréscimo de outros insumos, podendo ser utilizados para as variadas utilidades da construção civil, levando em conta o seu local de aplicação, sua finalidade e a necessidade específicas.

Os concretos que apresentam maiores porcentagens de utilização no Brasil são os concretos convencionais e os concretos autoadensáveis. A escolha do tipo de concreto varia entre o tipo de construção a ser realizada, o orçamento utilizado e o tempo útil de execução de obra.

O concreto convencional, o qual possui diversificada utilização na construção civil, desde atividades simples, como a construção de residências unifamiliares até construções complexas, como as de pontes e grandes edifícios, segundo a NBR 7212 (2012) se caracterizando por:

Concreto dosado, misturado em equipamento estacionário ou em caminhão betoneira, transportado por caminhão betoneira ou por outro tipo de equipamento, dotado ou não de agitação, para entrega antes do início da pega do concreto, em local e tempo determinados, para que processem as operações subsequentes à entrega, necessárias à obtenção de um concreto endurecido com as propriedades pretendidas.

Já sobre o concreto autoadensável, a NBR 15823-1 (2017) estabelece que o concreto autoadensável é um:

Concreto que é capaz de fluir, auto adensar pelo seu peso próprio, preencher a forma e passar por embutidos (armaduras, dutos e insertos), enquanto mantém sua homogeneidade (ausência de segregação) nas etapas de mistura, transporte, lançamento e acabamento.

Os aditivos à base de éter policarboxilato são considerados a última geração de superplastificantes existentes no mercado. O aditivo atua com a função de dispersar o material aglomerante propiciando elevada redução de água, sendo eficaz na produção de concreto com diferentes necessidades específicas (Tutikian, 2016).

Uma das propriedades que o aditivo pode ocasionar ao concreto é o aumento da resistência final deste, porém a adoção deste material ao concreto não é garantia de que o resultado esperado seja atingido, já que também são necessários cuidados especiais durante o cálculo do traço de concreto, contando assim com o auxílio do aditivo e calculando de maneira que não ocorra desperdício de materiais e atinja a resistência desejada.

O concreto, por ser material de função estrutural, necessita de um controle de qualidade, visando o grande número de variáveis que influenciam nas suas características (Bauer, 2008).

De acordo com Tutikian (2004), o concreto autoadensável pode substituir o concreto convencional, principalmente em obras especiais, pois o custo dos dois pode ser parecido com todos os ganhos permitidos pelo CAA.

A resistência é um dos fatores que permitiu ao CAA destaque no mercado, porém para que este fator seja atendido, são necessários diversos cuidados, que iniciam juntamente com a preparação do concreto e a escolha de seus materiais até o rompimento de suas amostras.

Foi observado por Bastos (2016), que a inserção do aditivo à base de poliacarboxilatos éter (PCE) contribuiu de forma mais significativa na dispersão e hidratação dos sistemas. Ainda nessa pesquisa do autor, observa-se aumento de 17 % e 36 % na resistência à compressão para os sistemas com adição de 1,5 % e 2,0 % de aditivo, atingindo-se 41 MPa e 54 MPa, respectivamente. Para o caso de cimento CPI com adição de um de policarboxilato-éster, em teor de 0,4 %, foi atingida resistência 118 % superior ao sistema de referência, aos 28 dias, alcançando-se o máximo de 59 MPa.

Materiais e métodos

Execução do ensaio de abatimento (slump-test)

O método utilizado para o ensaio de abatimento do concreto (*slump-test*) segue a norma NBR NM67 (1998), que é aplicável a concretos que apresentem um assentamento igual ou superior a 10 mm. O objetivo do ensaio é medir a consistência do concreto e saber se pela sua trabalhabilidade ele se enquadra nas características tecnológicas exigidas em projeto.

A placa de base foi posta sobre uma superfície lisa e utilizada uma camada de pó de brita para melhor nivelamento e livrar a placa de vibrações. O cone e a placa base foram umedecidos e o cone colocado sobre a placa base.

A amostra de concreto fresco coletada para a realização do ensaio foi feita de acordo com a norma ABNT NBR NM 33 (1998). Foi realizada a coleta em um recipiente de material não absorvente e metálico. Foi utilizado um carrinho de mão para a coleta, e seu volume atende à norma, sendo maior ou igual a 1,5 vezes o volume utilizado para a realização do ensaio.

Devido à comparação de resistência entre o concreto em seu estado inicial ao chegar na obra e após, quando este recebe o acréscimo do aditivo superplastificante, exigindo o uso do mesmo concreto, da mesma betonada, foi coletada a amostra antes da dosagem, sendo assim, antes de atingir os primeiros 15% de descarga. Essa foi uma limitação, se devendo ao fato de que após o início do lançamento do concreto, este não deve ser interrompido, sendo inviável a retirada de amostras durante este período de aplicação.

O processo de adensamento deve atender as especificações da NM 67 (1998), as quais orientam que seja realizado com a haste de socamento 25 golpes em cada camada, uniformizando os golpes em toda a camada. Para a primeira camada é necessário que haja uma leve inclinação de modo a executar golpes em espiral até o centro.

Para o preenchimento do molde, foram colocados os pés nas arestas de apoio deste, impossibilitando assim que o molde se movimentasse durante o preenchimento. Foi realizado o preenchimento com três camadas iguais, como determina a norma NBR NM 67 (1998), sendo cada camada correspondente a 1/3 aproximadamente da sua altura total, conforme ilustra a figura 14. Cada camada sofreu 25 golpes com a haste de socamento, para a sua compactação, sendo eles uniformemente distribuídos. No preenchimento da última camada o concreto foi adicionado de modo a ultrapassar o volume do molde e após ser concluído o adensamento foi retirado o excesso com uma colher, deixando o concreto rente à borda do cone.

Figura 01 - Retirada do molde de tronco de cone



Fonte: O autor

Após isso, a placa base foi limpa e o cone retirado cuidadosamente na direção vertical sem movimentos laterais para não submeter o concreto a torções, em um intervalo de tempo de 5 a 10 segundos. A operação completa, desde o início de preenchimento do molde com concreto até sua retirada, como demonstrado na figura 15, foi realizada sem interrupções em um intervalo de 150 segundos.

Imediatamente após a retirada do cone, foi medido o abatimento do concreto, considerando a diferença da altura do concreto desmoldado com a borda do cone de acordo com a diretrizes na NBR 5738 (2015). A haste foi colocada em cima do cone, que por sua vez, foi virado com a parte superior contra a placa. Dessa forma o valor considerado é da medida da parte central do concreto desmoldado, usando a régua na vertical, até a parte inferior da haste.

Dosagem e inserção do aditivo superplastificante ao concreto

A dosagem foi realizada de acordo com a quantidade de volume de concreto existente no caminhão betoneira, como demonstrado na tabela 4. Sendo assim, para um volume de 8 m³ de concreto, foi utilizado uma quantidade de 19,2 litros de aditivo superplastificante. Foi realizado a mistura em um tempo de aproximadamente 10 minutos.

Execução do ensaio de espalhamento (slump-flow)

Foi realizada a coleta de uma amostra de concreto fresco, sendo esta coletada em um balde de metal, com volume maior que 10 litros, como determina a NBR 15823-2 (2017),

O molde foi fixado pelas suas alças e preenchido sem adensamento de forma contínua e uniforme. O concreto foi despejado a uma altura de 100 mm acima do topo do molde dentro do limite máximo de altura igual a 125 mm estabelecido pela NBR 15823-2 (2017).

Figura 02 - Desmoldagem do concreto autoadensável



Fonte: O autor

A desmoldagem foi efetuada cuidadosamente, para que não houvesse movimentos de torção, pelas suas alças e com tempo entre 2 e 4 segundos.

Foi cronometrado, como determina a NBR 15823-2 (2017), o intervalo de tempo, em segundos, entre o início e o final do escoamento do concreto, a partir do diâmetro do molde (200 mm) até a marca circular de diâmetro 500 mm, para se obter o resultado do ensaio do tempo de escoamento (t_{500}). Todo o processo de preenchimento até a desmoldagem foi feito em um tempo de 15 segundos, dentro do limite máximo determinado pela NBR 15823-2 (2017) que é de 1min.

Após a retirada do molde e a amostra alcançar situação de aparente repouso, foram realizadas duas medidas perpendiculares entre si do diâmetro do espalhamento do concreto como determina a NBR 15823-2 (2017).

O resultado do ensaio de espalhamento foi determinado pela média aritmética das duas medidas perpendiculares do diâmetro. Após isso, foi feita uma análise visual para classificação do IEV (índice de estabilidade visual), observando a distribuição dos agregados, a distribuição da fração de argamassa ao longo do perímetro e a ocorrência de exsudação. O resultado desse ensaio é determinado visualmente pela análise do concreto após o termino do escoamento e classificando como determinado pela NBR 15823-2 (2017). Foi realizada a classificação do Índice de estabilidade visual, como determina a NBR 15823-2 (2017).

Figura 03 - Medidas obtidas através do diâmetro do concreto na placa



Fonte: O autor

Execução de Moldagem concreto autoadensável NBR 15823-1 (2017)

Para a moldagem do CAA são necessários alguns cuidados adicionais, uma vez que a NBR 15823-1 (2017) destaca que: “O CAA sofre segregação dinâmica durante o lançamento e segregação estática após o lançamento”, sendo assim necessário cuidado ao adicioná-lo ao molde.

A moldagem dos corpos de prova para ensaios foi realizada sem adensamento manual ou mecânico de acordo com a NBR 15823-1 (2017).

Atendendo ao que estabelece a NBR 5738 (2015), a moldagem foi realizada de maneira a não ocasionar movimentação nos corpos de prova e de que o próprio concreto se adensasse devido ao seu estado líquido, dispensando o uso de haste para a realização ou qualquer movimento necessário para a moldagem do concreto convencional.

Foi despejado em cada molde uma quantidade de concreto em excesso, de modo que permita o preenchimento completo do molde, para que seja executado o rasamento do concreto com os moldes totalmente preenchidos, como demonstrado na figura 22, seguindo as especificações da NBR 5738 (2015). Foi realizada algumas batidas leves na face externa do molde, até o fechamento de eventuais vazios e realizado o rasamento da superfície com a borda do molde, como ilustra a figura 23, empregando para isso uma colher de pedreiro adequada de acordo com as diretrizes da NBR 5738 (2015).

Preparação das bases dos corpos de prova

A NBR 5738 (2015) salienta que antes de ensaiar os corpos de prova, é imprescindível preparar suas bases, de modo que se tornem superfícies planas e perpendiculares ao eixo longitudinal do corpo de prova. A preparação das bases dos corpos de prova foi executada por retificação, perdendo alguns milímetros da área do corpo de prova, porém, acertando-as tornando as duas faces lisas e planas.

Figura 1 - Processo de retificação do corpo de prova



Fonte: O autor

O sistema de capeamento não colado de neoprene confinado, é utilizada uma base metálica, cuja função é restringir a deformação lateral do elastômero. Dessa forma, restringindo-se a deformação lateral do material, reduz-se a atuação de esforços diferenciados, responsáveis pelo aumento na variação dos resultados de resistência. A norma C 1231/C1231M (ASTM, 2014) define que a dureza do neoprene varia de acordo com a resistência do concreto a ser ensaiado, assim como o número de vezes de uso, que não deve exceder 100 ensaios.

Para o ensaio de compressão dos corpos de prova de 12 horas deste trabalho, foram utilizados discos de Neoprene com o auxílio dos pratos de aço utilizados como apoio superior e inferior do corpo de prova na prensa. Esse método foi utilizado pelo receio de que a vibração provocada pelo processo de rompimento alterasse as propriedades do corpo de prova e este sofresse alguma interferência durante o processo e adulterando assim os resultados a serem obtidos pelo ensaio.

Ensaio de compressão de corpos de prova cilíndricos

A execução dos ensaios de resistência à compressão de corpos de prova cilíndricos, deve-se seguir as regulamentações da NBR 5739 (2018).

Antes da realização do ensaio de compressão, a NBR 5739 (2018) salienta que deve: “Determinar o diâmetro a ser utilizado para o cálculo da área da seção transversal com exatidão de $\pm 0,1$ mm, pela média de dois diâmetros, medidos ortogonalmente na metade da altura do corpo de prova ou testemunho.”

Evidencia ainda a NBR 5739 (2018) que é necessário: “Determinar a altura do corpo de prova ou testemunho, que deve ser medida sobre seu eixo longitudinal, com exatidão de 0,1 mm, incluindo o capeamento.” Antes de serem submetidos ao carregamento do ensaio de resistência à compressão, os corpos de prova utilizados nesse estudo foram submetidos a medidas de seu diâmetro e sua altura, como determina a NBR 5739 (2018).

Antes da realização do ensaio devem ser realizadas a limpeza e secagem dos corpos de prova. Estes devem ser centralizado cuidadosamente no prato inferior, auxiliado pelos círculos concêntricos de referência, observando-se o sentido de moldagem (NBR 5739, 2018).

Os corpos de prova desse estudo foram rompidos dentro da tolerância máxima permitida de acordo com a NBR 5739 (2018).

Foram rompidos 4 corpos de prova dos dois tipos de concreto para cada idade de ruptura, sendo assim, dois exemplares possuindo dois corpos de prova cada

As idades determinadas foram: 7 dias, 14 dias e 28 dias.

O carregamento de ensaio foi aplicado continuamente e sem choques, com a velocidade de carregamento de $0,45 \pm 0,15$ Mpa/s, pelo dispositivo controlador de carregamento constante, dentro dos parâmetros exigidos pela NBR 5739 (2018). A velocidade de carregamento foi mantida constante durante todo o ensaio. O carregamento foi cessado quando houve uma queda de força indicando assim a ruptura.

Para o cálculo do resultado da resistência à compressão em Mpa, a expressão a seguir, de acordo com a NBR 5739 (2018).

$$f_c = \frac{4F}{\pi \times D^2}$$

Sendo:

- f_c : a resistência à compressão, expressa em megapascals (MPa);
- F : a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);
- D : o diâmetro do corpo de prova, expresso em milímetros (mm).

Na prensa utilizada nesse estudo o resultado obtido pelo ensaio de compressão de corpos de prova cilíndrico é dado em tonelada força (tnf), necessitando transformação da unidade de medida em newton pela equação:

$$F = f_p \times 9806,65$$

Sendo:

- F : a força máxima alcançada, expressa em newtons (N);
- f_p : a força na leitura da prensa expressa em tonelada força (tnf).

Para os corpos de prova com relação altura/diâmetro (h/d) menor que 1,94 deve se multiplicar a força F pelo fator de correção correspondente ao h/d encontrado, conforme a tabela 11.

Foram medidos todos os exemplares dos concretos convencional e autoadensável conforme as diretrizes da NBR 5739 (2018) conforme mostra a tabela 12. Nesse estudo nenhum corpo de prova obteve relação h/d menor que 1,94. Portanto, o fator de correção (h/d) não foi utilizado para obter a força máxima alcançada (F).

Resultados e discussões

Resultado dos Ensaio de Abatimento do Tronco de Cone

Na figura 31 é possível observar que o resultado do ensaio de abatimento, informado na tabela 14, está dentro dos parâmetros em comparativo ao estipulado para o traço utilizado pela concreteira “A” para o concreto empregue, sendo assim, aprovado para dosagem com o aditivo.

Tabela 1 - Resultado de abatimento

Abatimento de projeto (mm)	Abatimento real (mm)
80 ± 20	85

Fonte: NBR 5739 (2018)

Resultados dos ensaios do concreto autoadensável

Os resultados dos ensaios de controle tecnológico para o concreto autoadensável apresentados a seguir, foram obtidos por meio do método do cone de Abrams e seguindo as diretrizes da norma NBR 15823-2 (2017).

Pode-se observar na figura 32 e na tabela 15 que o espalhamento se estendeu ao longo da placa-base até próximo ao seu limite mínimo de projeto fornecido pela concreteira “A”.

Tabela 2 - Resultado obtido pelo ensaio de espalhamento

Espalhamento Projeto (mm)	Espalhamento (<i>Slump Flow</i>) (mm)	Tempo de escoamento (t500) (s)	Classificação índice de estabilidade visual (IEV)
700 ± 50	660	0,73	1

Fonte: NBR 15823-2 (2017)

Resultados da Resistência à Compressão Axial

Os resultados de compressão axial foram obtidos por meio de ensaios de laboratório com a metodologia aplicada seguindo as diretrizes da NBR 5739 (2018) para corpos de prova cilíndricos com moldes de dimensões de 100 x 200 mm. Os resultados são valores referentes aos ensaios entre dois tipos diferentes de concreto, sendo o mesmo traço para ambos e um deles com a incorporação do aditivo superplastificante. As idades de rompimento, como já mencionadas anteriormente, foram as seguintes apresentadas, comparando os resultados iniciais das duas misturas, até a idade de 28 dias.

Tabela 3 - Resultados do ensaio à compressão do concreto convencional em idade de 7 dias

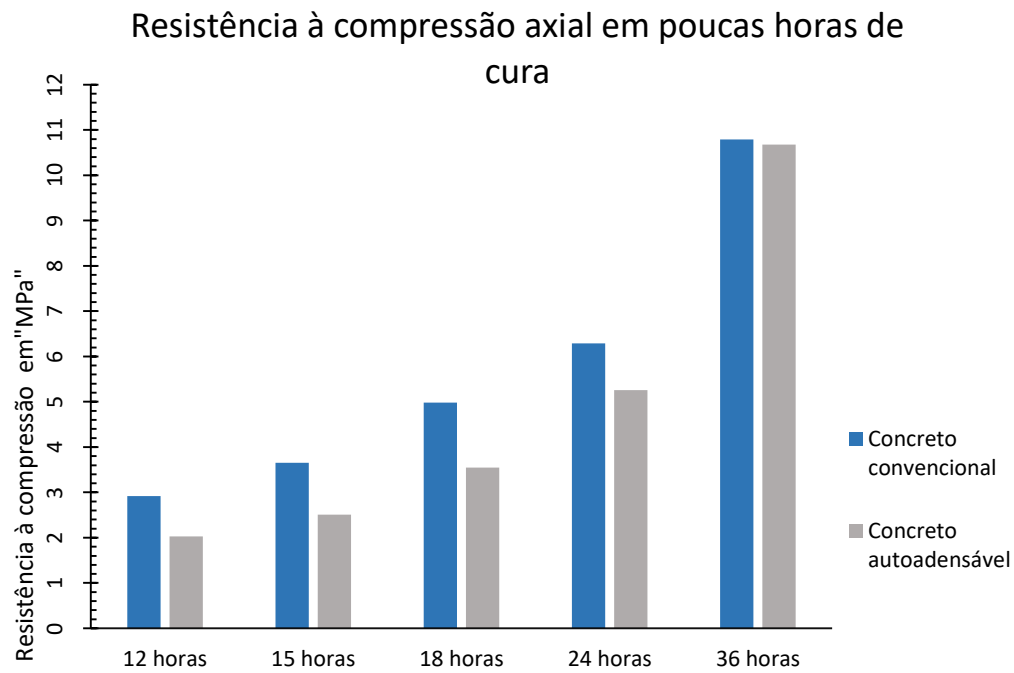


Tabela 4 - Resultados do ensaio à compressão do concreto autoadensável em idade de 7 dias

Compressão axial – CONCRETO CONVENCIONAL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		27/08/2019		Retificação		7 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 196	1,96	159,26	20,28	20,28	20,05
	100 x 195	1,95	153,08	19,49		
2	100 x 196	1,96	158,28	20,15	20,15	
	100 x 196	1,96	156,71	19,95		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,191			0,94	Excelente		20

Tabela 5 - Resultados do ensaio à compressão do concreto convencional em idade de 14 dias

Compressão axial – CONCRETO AUTADENSÁVEL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		27/08/2019		Retificação		7 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 196	1,96	156,51	19,93	20,39	20,14
	100 x 196	1,96	160,14	20,39		
2	100 x 196	1,96	159,26	20,28	20,28	
	100 x 196	1,96	157,10	20,00		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,112			0,56	Excelente		20

Tabela 6 - Resultados do ensaio à compressão do concreto autoadensável em idade de 14 dias

Compressão axial – CONCRETO CONVENCIONAL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		03/09/2019		Retificação		14 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 195	1,95	182,50	23,24	23,24	21,99
	100 x 196	1,96	163,57	20,83		
2	100 x 196	1,96	169,16	21,54	22,45	
	100 x 195	1,95	176,32	22,45		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,585			2,52	Excelente		20

Tabela 7 - Resultados do ensaio à compressão do concreto convencional em idade de 28 dias

Compressão axial – CONCRETO AUTADENSÁVEL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		03/09/2019		Retificação		14 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 196	1,96	196,52	25,02	25,02	24,65
	100 x 196	1,96	195,54	24,90		
2	100 x 195	1,95	185,74	23,65	24,40	
	100 x 196	1,96	191,62	24,40		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,334			1,35	Excelente		20

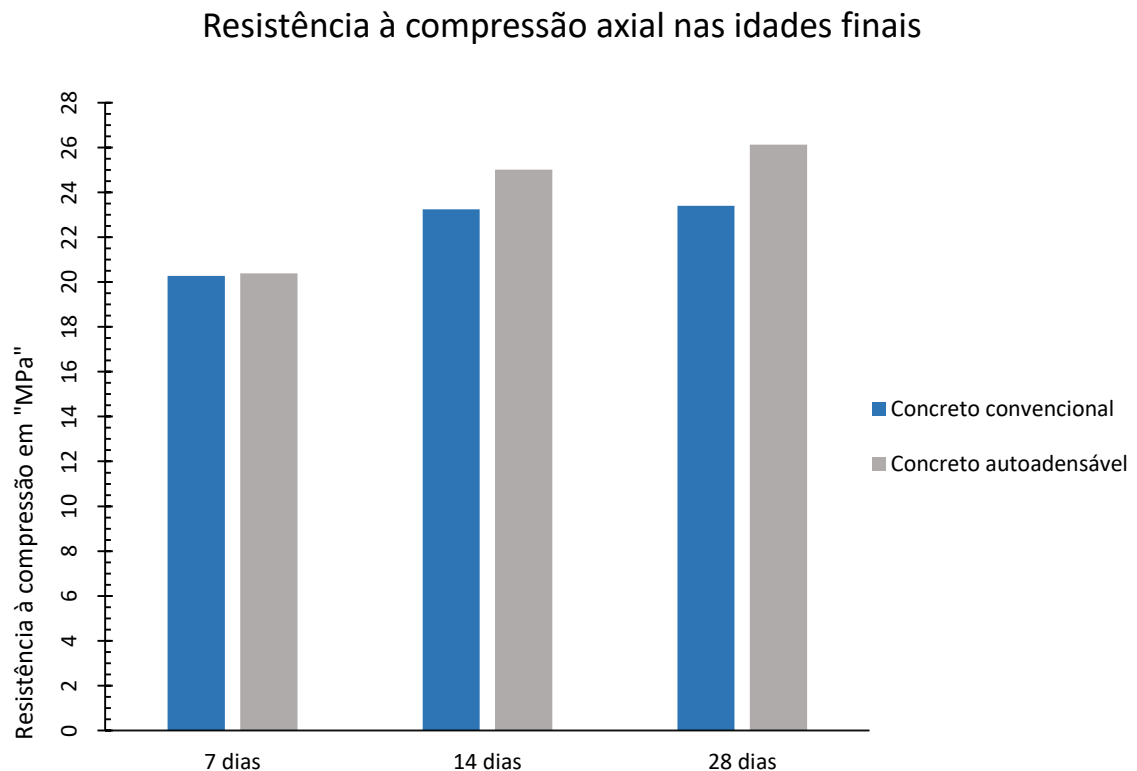
Tabela 8 - Resultados do ensaio à compressão do concreto autoadensável em idade de 28 dias

Compressão axial – CONCRETO CONVENCIONAL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		17/09/2019		Retificação		28 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 196	1,96	183,87	23,41	23,41	22,28
	100 x 195	1,95	177,01	22,54		
2	100 x 196	1,96	172,99	22,03	22,03	
	100 x 196	1,96	172,11	21,91		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,364			1,55	Excelente		20

Tabela 95 - Resultados do ensaio à compressão do concreto autoadensável em idade de 28 dias

Compressão axial – CONCRETO AUTADENSÁVEL						
Data de moldagem		Data do ensaio		Regularização das bases		idade
20/08/2019		17/09/2019		Retificação		28 dias
Exemplar	Dimensões mm	Relação h/d	F (kN)	f _c individual (MPa)	f _c exemplar (MPa)	f _{cm} (Mpa)
1	100 x 196	1,96	206,04	26,23	26,23	26,13
	100 x 195	1,95	204,96	26,10		
2	100 x 196	1,96	205,55	26,17	26,17	
	100 x 196	1,96	202,80	25,82		
s _e (MPa)			cv _e (%)	Avaliação do ensaio		f _{ck} Projeto (MPa)
0,100			0,38	Excelente		20

Tabela 36 - Resultados do ensaio à compressão do concreto convencional em idade de 28 dias



É possível observar que o concreto convencional possuiu vantagem em relação ao autoadensável quando analisado os resultados obtidos pelos ensaios de resistência à compressão no período inicial de cura. Isso pode ser atribuído ao fato de que o concreto convencional possuir pouca massa de água devido à redução que o aditivo propõe, sendo assim, torna-se mais rápido o seu processo de secagem e cura inicial comparado ao CAA. Por meio das tabelas e gráficos fornecidos, é possível observar que os resultados dos rompimentos de 7 dias de idade do concreto autoadensável se equivalem ao resultado obtido do rompimento do concreto convencional. A partir do rompimento de 14 dias de idade, os resultados de rompimento dos corpos de prova do concreto autoadensável ultrapassam os valores de resistência obtidos no ensaio de compressão do concreto convencional. Além de proporcionar uma maior trabalhabilidade do material, o aditivo possui características que permite acelerar a cura do concreto, diminuir os vazios no processo de moldagem, obter uma mistura mais homogênea evitando a segregação, e isso influencia diretamente na resistência final do concreto.

Conclusões

Este trabalho demonstrou as principais características entre os concretos convencionais (CC) e os concretos autoadensável (CAA), constatou suas igualdades e disparidades nos seus métodos de execução de ensaios de recebimento e aceitação do material em obra, a sua aplicação e trabalhabilidade.

Em relação ao espalhamento do concreto autoadensável e seu índice de estabilidade visual, os resultados e fotografias indicaram uma classificação boa para o material por possuir uma relação água/cimento bem controlada e dosagem correta com a quantidade de aditivo.

Foi constatado que o aditivo plastificante permite ao concreto uma considerável taxa de diminuição no teor de água na produção do material. Isso permite ao concreto sua rápida secagem resultando na potencialização da cura do material possibilitando altas resistências em curto período, destacando a vantagem para as resistências iniciais do concreto convencional em poucas horas de cura comparado ao CAA, porém sem a trabalhabilidade que se espera de um concreto para a maioria das funções estruturais.

Ainda sobre os resultados de resistências obtidos pelas amostras do concreto autoadensável, foi possível comprovar a vantagem de resistências finais comparado ao concreto sem a inserção de aditivo plastificante, pelo fato da diminuição de índices de vazios, possuindo uma maior compactação dos grãos e consequentemente uma maior densidade, comprovando os resultados de estudos anteriores, os quais utilizaram parâmetros correlatos aos utilizados na construção deste estudo.

Referências Bibliográficas

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

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

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 7212**. Execução de concreto dosado em central – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2012.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 12655**. Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15823-1**. Concreto autoadensável. Parte 1: Classificação, controle e recebimento no estado fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 15823-2**. Concreto autoadensável. Parte 2: Determinação do espalhamento, do tempo de escoamento e do índice de Abrams. Rio de Janeiro: ABNT, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR. NM 33**. Concreto – Amostragem de concreto fresco. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR. NM 67**. Concreto – Determinação da resistência pelo abatimento do tronco de cone. Rio de Janeiro: ABNT, 1998.

BASTOS, Arthur P. O. **Análise da influência de aditivos superplastificantes no comportamento de pastas de cimento Portland com e sem adição de fíler calcário**. 2016. Graduação em Engenharia Civil – Programa de Graduação em Engenharia Civil, Universidade Federal do Rio Grande de Sul, Porto Alegre.

TUTIKIAN, Bernardo F.; DAL MOLIN, Denise C. **Concreto Auto-adensável**. 1ª Ed. São Paulo: Editora Pini, 2008.

Análise orçamental de uma residência projetada com métodos construtivos sustentáveis

Budget analysis of a projected residence with sustainable construction methods

Érica Caroline Gonçalves¹
Luis Eduardo Barbosa de Brito²

RESUMO

A construção civil tem apostado em construções que visam seu aproveitamento de materiais e uma maior utilização de seus recursos renováveis, incluindo fontes sustentáveis a obra. Levando tal fato em consideração, essa pesquisa pretende mostrar através de um orçamento detalhado o projeto de uma residência unifamiliar que terão sua parte elétrica modificada através de painéis fotovoltaicos, a utilização do telhado verde que através de sua vegetação absorve até 90% do calor da residência, trazendo uma melhor qualidade do ar, também retendo a água da chuva. Esses métodos serão implantados no projeto, e uma análise orçamentária mostrará sua viabilidade, vantagens e desvantagens em relação ao custo que trará para a construção. Desta forma acredita-se que pode ser feita uma construção que trará benefícios tanto sustentáveis quanto econômicos em um determinado tempo, em que a busca pelo conforto e economia andam em conformidade e juntas poderão ser vistas, utilizadas em maior escala, cada vez mais empregadas na construção civil.

Palavras-Chave: *Construção sustentável, Análise orçamental, Qualidade de vida, Sustentabilidade.*

ABSTRACT

The civil construction has invested in constructions that aim at their use of materials and a greater use of their renewable resources, including sustainable sources of work. Taking this fact into consideration, this research intends to show through a detailed budget the project of a single-family residence that will have its electrical part modified through photovoltaic panels, the use of the green roof that through its vegetation absorbs up to 90% of the heat of the residence, bringing a better quality of air, also retaining rainwater. These methods will be implemented in the project, and a budget analysis will show its feasibility, advantages and disadvantages in relation to the cost it will bring to the construction. In this way, it is believed that a construction can be made that will bring both sustainable and economic benefits in a given time, in which the search for comfort and economy are in accordance and together can be seen, used on a larger scale, increasingly employed in civil construction.

Keywords: Sustainable construction, Budget analysis, Quality of life, Sustainability.

¹ Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Introdução

Segundo Simão (2010) o conceito de construção sustentável nos remete diretamente “a um conjunto de metodologias e produtos adotados antes, durante e após os trabalhos de construção, para que o empreendimento não agrida o meio ambiente, proporcione um uso racional de energia e recursos naturais e promova uma melhora na qualidade de vida dos usuários. Entre seus benefícios estão redução do consumo de energia durante a fase de produção de materiais ou construção do empreendimento; otimização no uso dos insumos, redução expressiva da geração de resíduos sólidos e reciclagem desses resíduos, redução dos custos de manutenção do empreendimento, redução do impacto ambiental da construção sobre o meio ambiente e sobre as comunidades vizinhas aos empreendimentos, entre outras contribuições”.

A construção civil é uma ferramenta importante que visa atender as necessidades humanas através da construção de casas, prédios, pontes, ferrovias, aeroportos, metrô e estradas pavimentadas. Com novos avanços e crescimento populacional surgiu a construção de grandes edificações e habitações, da mesma forma novas ideias, tendências e a conscientização pela busca de novos fatores e tecnologias que diminuíssem as agressões feitas à natureza. O surgimento de novas tecnologias empregadas nas diversas áreas da construção civil modificando e aprimorando os padrões convencionais da construção, na busca pela implementação de novas ideias e tecnologias para alcançar o objetivo da engenharia que consiste em aplicar seus conhecimentos específicos para uma melhor qualidade de vida.

Pinheiro *apud* Fagundes (2011) considera que “na indústria da construção civil aprimorar projetos e processos construtivos, visando desenvolver com sustentabilidade, pode agregar maior rendimento reduzindo custos de produção e manutenção”.

O grande desafio da construção civil sustentável é manter o equilíbrio entre a qualidade de sua construção, sua preservação ambiental e a viabilidade econômica que trará para o projeto.

A partir do momento em que alguns desses fatores começaram a ser escassos, a importância de formular novas soluções e empregos da reutilização de recursos renováveis na construção civil toma maior importância, fazendo com que tais recursos como água da chuva e energia solar não sejam descartados de forma tão simples, mas sim

que essas fontes sejam utilizadas de forma a agregar valores sustentáveis na construção civil.

Será implantado um telhado verde conforme modelo (figura 1), dispondo-se de um sistema de energia sustentável por meio de painéis solares fotovoltaicos (figura 2), a junção de economia e sustentabilidade formalizará com que esse projeto se torne atrativo, vantajoso, sustentavelmente e economicamente viável, trazendo um orçamento completo com comparativo dos distintos métodos construtivos que serão empregados, conduzindo a ideia e a implantação de um projeto sustentável.

Painéis Fotovoltaicos

Figura 1 - Telhado verde. Fonte: Bigstock (2018).



Figura 2 - Painéis fotovoltaicos. Fonte: Imbuzeiro (2009).



Energia fotovoltaica é a energia transmitida através do sol que se converte em energia elétrica, também conhecida por ser uma fonte de energia sustentável, esses painéis ou placas recebem essa energia do sol e geram energia condutora suficiente para condução de energia em residências e indústrias. O Brasil por ser um país tropical e tendo essa matriz de forma abundante é o mais avançado na América do Sul em energias renováveis (TOLMASQUIM, 2003).

O desenvolvimento da energia fotovoltaica foi impulsionado inicialmente por empresas do setor de telecomunicações, que buscavam fontes de energia para sistemas instalados em localidades remotas e também pela corrida espacial, já que a célula fotovoltaica é o meio mais adequado para fornecer a quantidade de energia necessária para a permanência no espaço por longos períodos de tempo, por possuir menor custo e peso (CRESESB, 2004).

Sistemas Fotovoltaicos

De acordo com Ruther *apud* Torres (2012) dentre as energia renováveis que vem apresentando um efetivo crescimento mundial nas últimas décadas, está a energia solar fotovoltaica, por possibilitar a geração de energia elétrica de forma distribuída, não necessitando, portanto, de extensas linhas de transmissão e distribuição, por ser uma fonte silenciosa, que possibilita a instalação de sistemas de diferentes potenciais e ainda por integrar-se a edificação no meio urbano, sem necessitar de áreas extras para sua instalação.

O sistema fotovoltaico se classifica basicamente em dois tipos, off grid que utiliza de baterias para o armazenamento da energia gerada, e o on grid que é ligado diretamente a rede elétrica.

Telhado Verde

A utilização de plantas em telhados (Figura 5) e paredes vem sendo muito estudado e aplicado na construção civil, sendo um excelente isolante térmico, trazendo um conforto para parte interna da residência, além de ser um ótimo meio de preservação de área verde e reutilização de água.

Figura 3 - Telhado verde. Fonte: EcoTelhado (2018).



Classificação

Os telhados verdes podem ser classificados (Tabela 2) sob dois enfoques, o "intensivo" e o "extensivo". O intensivo necessita de mais substrato, é mais profundo e pode acomodar plantas maiores, tais como árvores e arbustos. Este sistema necessita de maiores cuidados na implantação e manutenção, por ser mais pesado e possuir plantas que necessitam mais cuidados. Normalmente deve ser utilizado em locais já projetados para suportarem as cargas que serão geradas com o seu uso. Já o sistema extensivo necessita de pouco substrato e comporta plantas rasteiras e gramados, é de mais fácil implantação e manutenção devido às novas tecnologias e ao aperfeiçoamento das matérias utilizadas (WILLES, 2014).

O telhado extensivo apresenta um sistema mais simples, tendo em conta a baixa carga exercida sobre a edificação, uma menor quantidade de substrato e baixa manutenção, todavia que o gramado utilizado não necessita de manutenção constante.

Cisterna

A cisterna ou reservatório de armazenamento é o principal projeto para armazenamento de águas pluviais. O reuso da água torna possível o seu reaproveitamento em atividades do dia a dia que não necessitam de água potável, como a lavagem de quintais, irrigação de hortas, lavagem de carros e outras limpezas em geral (Ecycle, 2019).

Para o especialista em agricultura orgânica Campos (2017):

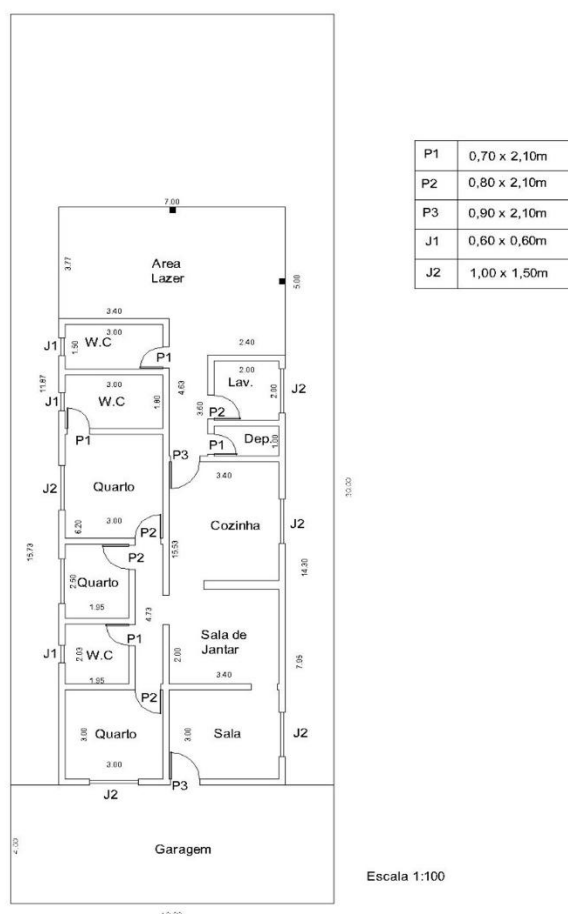
A crise hídrica dos últimos anos que popularizou o sistema de cisternas não só no meio agrícola, como também em residências e espaços

domésticos. A cisterna é uma forma sustentável de economizar a água encanada por meio da reutilização da água da chuva, que é coletada e armazenada em um ambiente fechado, livre de bactérias e de outros agentes externos até o momento do uso. (CAMPOS, 2017)

Materiais e métodos

Projetou-se uma residência, planta baixa e derivados através do AUTOCAD 2016, conforme (figura 3) e em cima desta calculou-se todo o custo que a mesma obteve, utilizado um Boletim Referencial de Custos como embasamento, no caso em questão utilizou-se a Companhia Paulista de Obras e Serviços (CPOS), baseando em suas tabelas de serviços e composições, elaborou-se uma planilha orçamentaria, contendo todos os itens necessários para a construção da residência obtendo ao final um custo total, o valores nela contidos, foi calculado e demonstrado no memorial de cálculo, juntamente com o memorial descritivo que especifica cada item e sua composição.

Figura 3 – Planta baixa feita para o TCC.



Na residência com métodos construtivos sustentáveis, utilizou-se da mesma planilha, retirando-se o telhado convencional e substituindo-o pelo telhado verde, e o

restante se manteve acrescentando os painéis fotovoltaicos e sistema de cisterna. O sistema de energia solar foi obtido através de orçamento fornecido pela empresa 3A Energia Solar, a qual fornece esse tipo de serviço.

A planilha calculada, apresenta todos os valores obtidos, enumerados por itens, fonte e código, descrição de cada serviço, unidade de medida, quantidade de cada item que foi utilizado, valor do material, mão de obra e custo unitário (material + mão de obra) e o custo total de cada item, e ao final de cada tópico de serviço o custo total das etapas. Ao final o custo total da obra construída com método tradicionais e depois sustentável, cujo foi retirado o telhado tradicional e substituído pelo telhado verde, cisterna e energia solar. Juntamente com os memoriais de cálculo e descritivo, demonstrando os valores obtidos e o que remunera cada item.

Resultados e discussões

Foi criada uma residência de 204m², 2 quartos comuns, 1 quarto com suíte, 2 banheiros, sala, cozinha, área de lazer, lavanderia, garagem. Ao calcular toda a construção da residência desde a fundação a cobertura conforme demonstrado na planilha e nos memoriais, no método convencional obteve um custo final de **R\$219.591,73**, valor este incluso, todo material e mão de obra necessário para construção total da residência.

Telhado Verde

A Retirou-se o telhado convencional, e implantou o telhado verde, adicionou uma cisterna para captação do excedente de água, e instalou o sistema de energia solar, com essas mudanças obteve um custo de total de **R\$235.433,90**.

A construção do telhado convencional ficou em torno de **R\$ 29.909,12**, enquanto o telhado verde ficou **R\$ 29.197,48** o que consiste em um valor de **R\$ 711,64** mais barato que o telhado normal, viabilizando assim a sua implantação. O telhado em questão foi elaborado de maneira a fornecer os benefícios térmicos e acústicos, além de utilizar a grama esmeralda como vegetação, grama essa que exige manutenção nula, e resistente bem a variação de temperatura.

Segundo Ferraz (2012) concluiu em sua pesquisa, a qual ela elaborou dois protótipos, um com telhado convencional e outro com telhado verde e os estudou durante 9 meses. “O protótipo com cobertura verde tem um desempenho melhor que o protótipo com cobertura cerâmica em períodos de frio e calor. Mesmo sem condicionamento

artificial, a edificação com cobertura verde conseguiu, nas condições de verão analisadas, atingir as condições que a NBR 6401/08 considera como de conforto; já a edificação com cobertura cerâmica, sob as mesmas condições, apontou a necessidade de um condicionamento artificial para atingir os mesmos resultados. Sob as condições de inverno analisadas, as duas edificações apontaram a necessidade de condicionamento artificial para atingirem as condições necessitaria de 10 vezes menos potência para aquecimento que a outra, promovendo assim, menor gasto energético com condicionamento artificial.”

Ferraz (2012) observou também que o telhado verde: “promove menos flutuações de temperatura e umidade no ambiente e permite que se atinjam mais facilmente condições de conforto para o usuário.”

Com isso, valida-se a viabilidade do telhado verde frente ao convencional, e constata-se que a cobertura verde promove menos flutuações de temperatura e umidade do ambiente, o que permite que atinja mais facilmente condições de conforto. Resultando assim em uma economia de energia devido a minimização ao utilizar dispositivos de condicionamento.

Levando em conta os benefícios próprios apresentados, o telhado também contribui para uma redução dos efeitos das ilhas de calor, uma vez que a maior demanda de energia elétrica se dá nos períodos quentes do ano, quando a maioria das pessoas usam equipamentos de condicionamento de ar.

A longo prazo, considera-se que o proprietário da edificação com a cobertura verde, conseguira recuperar o investimento inicial, investimento esse que comparado com o telhado convencional é praticamente igual. Tendo em vista os benefícios que telhado verde traz e ainda uma possível economia de gasto energético ao se utilizar menos equipamentos de condicionamento de ar.

Painéis Fotovoltaicos

Com o crescimento populacional e a necessidade de fontes de energias alternativas vem aumentando cada vez mais, uma das fontes de energia inesgotável é o sol, tendo em vista que mesmo em tempo nublado ele ainda emite raios para a captação mesmo em menor quantidade.

O sistema adotado, foi orçado pela empresa 3A Energia Solar ficou em torno de R\$15.553,81 valor esse para atender a uma residência que consuma em média 315KWh/mês, o sistema possui uma garantia de 25 anos contra perda de produção superior a 20%. Tendo em vista o custo do sistema e o valor econômico que ele atribui, esse valor gasto inicialmente terá um reembolso em menos de 6 anos, uma vez que resta 19 anos de aproveitamento do sistema sem custo algum. Segue abaixo Figura 13, um gráfico que demonstra um comparativo entre o investimento inicial e a estimativa de economia ao decorrer dos anos, atestando assim a viabilidade do sistema.

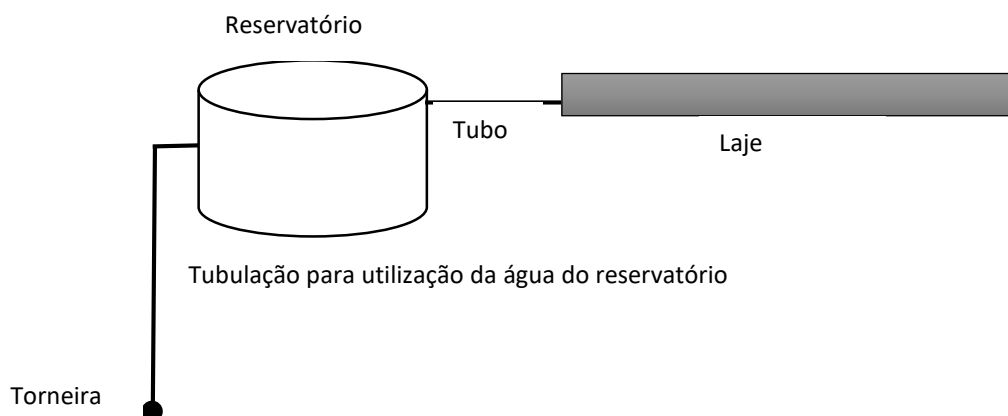
Mesmo apresentando um valor elevado de início, a longo prazo é altamente viável e promete um reembolso em pouco tempo, além de colaborar para uma melhor qualidade de vida, uma vez que utiliza de energia renovável.

Cisterna

A cisterna origina-se de forma a captar e aproveitar a água decorrente das chuvas, uma vez que vai ser designada para utilização cuja não precisa de potabilidade. O sistema adotado, é constituído por um reservatório de 500 litros, cujo a mesma estará elevada do solo e se encontrara com seu topo no nível da laje conforme figura 4.

O Levando em consideração que possui o telhado verde, a água decorrente da chuva se pouca, tendo em vista que o telhado vai absorver grande parte da precipitação. O excedente será encaminhado ao reservatório, e o mesmo por se encontrar elevado, terá sua água destinada a lavagem de calçadas e rega de jardins, por meio de uma torneira instalada na tubulação derivada do inferior do reservatório. A laje possui uma inclinação que vai direcionar a água para o reservatório e por meio de um tubo instalado na sua extremidade escoara a água para o reservatório.

Figura 4 – Representação do Sistema adotado para a cisterna



Tendo em vista que primeira treliça sofreu deformações como demonstrado na figura 9, por conta da flambagem aplicada no centro da estrutura e suportou uma carga máxima de 1.250,00 Toneladas sofrendo deformação em várias partes do corpo da estrutura, com isso obteve-se uma flecha de 1,78 cm.

Conclusões

Conclui-se que a construção convencional teve um aumento de R\$15.842,17 o que não é algo muito expressivo levando em conta as vantagens que essas substituições apresentam, uma vez que esse investimento amais obterá um retorno positivo, e reembolso a longo prazo.

O telhado verde foi elaborado de uma forma simples e com todos os requisitos para garantir a segurança da estrutura da laje, foi composto por uma grama esmeralda tendo em vista que é uma grama resistente em todas as estações, e necessita de pouca ou quase nenhuma manutenção. Além de suas vantagens frente o telhado convencional, concluiu-se que o telhado verde possui um custo praticamente igual de imediato, mas que a longo prazo promete um reembolso desse valor, dado a possível economia de energia que ele proporcionara. Pois o telhado proporciona um melhor conforto térmico interno tanto no verão quanto no inverno. O telhado também devido as suas camadas, proporciona uma melhor absorção da chuva, o que contribui para evitar enchentes, uma vez que terá pouca água excedente e esta será designada para a cisterna.

O painel fotovoltaico além de apresentar como geração de energia uma fonte limpa e renovável cujo não agride o meio ambiente. Utilizado uma residência que utiliza em média 315KWh/mês, obteve um custo final no valor R\$15.553,81, valor esse que será reembolsado em menos de 6 anos com a economia de energia a ser utilizada, o painel tem garantia de 25 anos contra perda de produção superior a 20%, o que caracteriza um aproveitamento de 19 anos do sistema sem custo algum, o tornando demasiadamente viável.

A cisterna, foi adotado um sistema simples, localizado um pouco abaixo do nível da laje, cujo captara a água excedente do telhado verde, com o intuito de diminuir gastos, a cisterna se encontra elevada, e terá seu uso direcionado a rega de jardins, lavagem de calçadas ou qualquer ação no solo, garantindo a pressão da água e dispensando a utilização de qualquer aparelho de bombeamento.

Referências Bibliográficas

BRAGA, P. R., **Energia solar fotovoltaica fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro, 2008.

CAMPOS, T. **Cisterna caseira pode ser uma das Soluções para a crise hídrica**. Disponível em: <http://thiagoorganico.com/cisterna-de-agua/>>. Acesso em: 10 de abril 2019.

CRESESB - Centro de Referência para Energia Solar e Eólica Sérgio de Salvo Brito. Grupo de Energia Solar - GTES. **Manual de engenharia para sistemas fotovoltaicos**. Rio de Janeiro, CRESESB, 2004.

DAZCAL, R.; MELLO, A. **Estudo da implementação de um sistema de energia solar fotovoltaica em um edifício da universidade presbiteriana mackenzie**. Abenge – Associação Brasileira de Educação de Engenharia. Fortaleza, 2008. 13f.

ECOEICIENTES. **Escritório de arquitetura especializado em sustentabilidade**. Portal ecoeficientes, 2018.

ECYCLE. **Tipos de cisternas: modelos do cimento ao plástico**. Disponível em: <https://www.ecycle.com.br/4203-tipos-de-cisternas-modelos-de-plastico-cisterna-ecologica.htm>>. Acesso em: 10 de abril 2019.

FAGUNDES, M. **A construção sustentável sob a ótica dos profissionais da construção civil nas cidades de francisco beltrão e pato branco - pr**- Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco, 2011.

FERRAZ, I. **O desempenho térmico de um sistema de cobertura verde em comparação ao sistema tradicional de cobertura com telha cerâmica**. Dissertação de Mestrado. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, USP, São Paulo, 2012.

KOMECO. **Coletor solar tubo a vácuo: Alta eficiência para aquecimento de água**. Disponível em: <http://www.komeco.com.br/blog/consumidor/coletor-solar-tubo-a-vacuoparaatingir-altas-temperaturas.html>>. Acesso em: 5 de abril 2019.

MAGALDI E TOMONARI. **Dimensionamento de um sistema fotovoltaico conectado à rede para o consumo sustentável da moradia da FCT UNESP de Presidente Prudente**. 2018. (Trabalho de Graduação apresentado ao Conselho de Curso de Engenharia Ambiental da Faculdade de Ciências e Tecnologia UNESP Campus de Presidente Prudente).

SALES, T. **O uso da energia solar nas obras civis: um estudo sobre o aquecimento de água por sistema de coletores solares em edifícios residenciais**. Universidade do Sul de Santa Catarina - UNISUL. Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia civil da Universidade do Sul de Santa Catarina. Palhoça, 2017.

SIMÃO, S P. **Mercado cresce no país e aponta grandes desafios no setor**. Entrevista para o Instituto de Educação Tecnológica - IETEC, 2010.

SOUZA R. **Sistema fotovoltaicos conectados à rede ou isolados? comparação**
Disponível em: <https://blog.bluesol.com.br/diferenca-sistema-fotovoltaico-conectado-a-rede-e-isolados/>>. Acesso em: 5 de abril 2019.

TOLMASQUIM, M. T., **Fontes de energia renováveis no Brasil**. Rio de Janeiro: CENERGIA, 2003.

TORRES, R. **Energia solar fotovoltaica como fonte alternativa de geração de energia elétrica em edificações residenciais**. Dissertação (Mestrado - Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica e Área de Concentração em Térmica e fluidos) - Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2012.

WILLES, J. **Tecnologias em telhados verdes: extensivos substratos comerciais regionais mais apropriados ao sistema**. Universidade de São Paulo ESALQ, Revista Internacional de Ciências · v.4 - n.2 · jul./dez. 2014.

Aproveitamento de águas pluviais e tratamento preliminar de águas cinzas em um condomínio residencial

Rainwater utilization and preliminary treatment of gray waters in a residential condominium

Eduardo Yuji Matunaga¹

Lidiane Roversi Nogueira da Silva²

Marcelo Fioroto³

Prof. Dra. Natália Felix Negreiros⁴

Prof. Me. Fernando Gabriel Eguía Pereira Soares⁵

RESUMO

A evolução do homem, o aumento populacional, o crescimento econômico e o consumo irresponsável de água potável contribuem para escassez de água potável do planeta. Dentro dessa concepção encontra-se este estudo que visou analisar a relação de custo-benefício do projeto de implantação, em um condomínio, de um sistema de aproveitamento de águas pluviais e tratamento preliminar de águas cinzas claras. Realizou-se em laboratório a caracterização das águas pluviais e cinzas e definiu-se instalar caixas de areia para tornar as águas pluviais viáveis para consumo não-potável; definiu-se também um tratamento preliminar de águas cinzas claras através de um filtro composto por uma camada de areia e outra de cascalho. A implantação dos sistemas totalizou R\$ 75.108,85 e o tempo de retorno do investimento foi estimado em 59 meses.

Palavras-Chave: águas-cinzas, águas-pluviais, escassez, não-potável, sustentabilidade.

ABSTRACT

Human evolution, population increase, economic growth and irresponsible potable water consumption contribute to the scarcity of potable water on the planet. Within this conception is this study that aimed analyze the cost-benefit ratio of the implementation, in a condominium, of a rainwater utilization system and preliminary treatment of light grey waters. Was carried out in laboratory the characterization of rainwater and grey water and was defined that for rainwater sandboxes were needed to make them viable for non-potable; It was also defined a preliminary treatment through a filter composed of a layer of sand and another of gravel. The implementation of the systems totaled R\$ 75.108,85 and the estimated return on investment was 59 months.

Keywords: grey-water, rainwater, scarcity, non-potable, sustainability.

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Bióloga – Dra. em Ciências da Universidade Federal de São Carlos. Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁵ Engenheiro Mecânico – Me. em Educação da Universidade Católica Dom Bosco. Docente do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

Introdução

O crescimento socioeconômico, o aumento populacional e o surgimento de novas indústrias fizeram com que a demanda de água potável no mundo emergisse. A escassez de água potável, oriunda do consumo humano para suprir suas necessidades básicas, mas também originadas por desperdícios, mudanças climáticas e poluição dos mananciais se tornou há algum tempo uma questão preocupante. Segundo Tokarnia (2015) o consumo de água duplicou em relação a população. Se esse consumo continuar na mesma proporção atual, em 2030 é estimado um déficit de abastecimento de água de 40%.

Kobiyama; Checchia; Silva (2005) afirmam que o aproveitamento de águas pluviais além de diminuir a demanda de água fornecida pelas concessionárias também contribui para a redução de alagamentos e de enchentes urbanas visto que a implantação desse sistema com o armazenamento de águas de chuva em reservatórios diminuirá o escoamento nas vias públicas.

Em Araçatuba, Estado de São Paulo, foi promulgada a Lei nº 7447 de março de 2012, que permite a implantação de sistema de captação e retenção de águas pluviais, bem como de águas cinzas provenientes de chuveiros, lavatórios, máquinas de lavar e similares. No Art. 2º são estabelecidas as condições de obrigatoriedade de implantação do sistema de captação de águas para edificações novas que tenham área construída superior a 3500 m² ou com mais de 30 propriedades.

De acordo com Guindani (2016) verificou-se que em estudo para uma edificação residencial no município de Estrela – RS a demanda de água não potável mensal é de 10,58 m³. Levando em consideração que a tarifa Corsan é de R\$ 4,90 por m³ e considerando um gasto de R\$ 4,32 com a energia elétrica para a moto-bomba, tem-se uma economia mensal e tempo de retorno do investimento de acordo com a Tabela 1, em que varia de acordo com o volume do reservatório.

Tabela 1 - Tempo de Retorno (GUINDANI, 2016).

Reservatório (L)	Investimento Inicial	Economia Mensal	Tempo de Retorno (meses)	Tempo de Retorno (anos)
1000	R\$ 1640,98	R\$ 8,12	202	16,5
2000	R\$ 1834,48	R\$ 25,23	73	6,0
3000	R\$ 2158,12	R\$ 35,08	62	5,0
4000	R\$ 2481,76	R\$ 40,78	61	5,0
5000	R\$ 2879,67	R\$ 44,41	65	5,5
6000	R\$ 3279,78	R\$ 46,49	71	6,0
8000	R\$ 3640,58	R\$ 47,52	77	6,5

De acordo com França (2011) em análise de viabilidade econômica para aproveitamento de água de chuva para residência em Goiânia – GO foi estimado que a quantidade de água potável gasta por mês é de 36 m³ e uma economia de 18,9% de água potável que resulta em 6,80 m³ de água. Foi estimado também o valor gasto sem e com a implantação do sistema conforme a Tabela 2.

Tabela 2 - Comparação de custo mensal de água com e sem a implantação do sistema e valor economizado (FRANÇA, 2011).

	Valor gasto sem a instalação do sistema	Valor gasto com a instalação do sistema
Custo mínimo fixo	R\$ 6,58	R\$ 6,58
Tarifa de água	R\$ 147,96	R\$ 105,41
Tarifa de coleta e afastamento de esgoto	R\$ 137,88	R\$ 105,41
Total	R\$ 292,42	R\$ 217,40
Valor economizado	R\$ 75,02	

O investimento para a implantação do sistema foi R\$ 7.187,01, levou-se em consideração o valor mensal economizado com a conta de água de R\$ 75,02 que sofre um reajuste de 5,971% ao ano e calculado para 20 anos. Portanto, foi estimado o tempo de retorno de 11 anos e sete meses (FRANÇA, 2011).

Outro tema alarmante é o número de doenças e a contaminação nos mananciais, ambos causados pela falta de tratamento correto dos efluentes. Segundo Miguel (2016) mediante a preservação de mananciais a água que abastece a população de Nova York não necessita nada mais que cloro e flúor, dispensando tratamentos mais elevados e economizando para o estado cerca de 6 a 8 bilhões de dólares e custos com operações de tratamentos de 300 milhões anuais.

De acordo com a FUNASA (2004) do ponto de vista sanitário, a disposição correta dos esgotos tem como objetivo evitar a poluição do solo e mananciais, evitar o contato com fezes e proporcionar higiene e conforto a população. Do ponto de vista econômico, visa a redução de doenças e das despesas com tratamentos para as tais, acarreta a diminuição da taxa de mortalidade e o aumento da expectativa de vida. Além disso, com a preservação dos mananciais, reduz os custos com o tratamento para abastecimento.

Em pesquisas recentes realizadas pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE) são muitas as doenças resultantes da falta de tratamento de esgoto doméstico que tem resultado em 65% das internações principalmente em crianças menores de 11 anos. São várias as doenças provenientes desse problema como diarreia, cólera, esquistossomose, febre tifoide e tracoma. O IBGE ainda aponta que para cada R\$ 1,00 investido em saneamento, seriam economizados outros R\$ 4,00 com tratamento das doenças (ECOCASA, 2014).

Nessa concepção encontra-se um dos objetivos desse trabalho que é projetar um tratamento preliminar das águas cinzas claras para minimizar a concentração de resíduos sólidos que vai para o esgoto.

Materiais e métodos

Materiais

Este trabalho teve como objeto de estudo um condomínio residencial hipotético, localizado na cidade de Araçatuba - SP que possui dez casas térreas iguais. Cada casa possui dois dormitórios e levou-se em consideração que cada um é ocupado por duas pessoas, portanto, no total são 40 pessoas utilizando as habitações. As casas também possuem dois banheiros, uma sala, uma cozinha, uma copa, uma área de serviço, uma varanda e uma garagem, contendo 114,51 m² por residência.

Foi necessário realizar o cálculo do dimensionamento do sistema de captação de água pluvial e foram utilizados os seguintes dados: a planta de cobertura da residência, contendo área total de 104,74 m², no entanto, a área de coleta corresponde a 96,94 m² da cobertura, composto por estrutura de madeira e telha cerâmica romana com inclinação de 35%, exceto na garagem onde é composto por telha de fibrocimento com inclinação de 15%. Já para o tratamento preliminar de água cinza foi estimado o volume de efluente proveniente da máquina de lavar roupas, chuveiros e lavatórios e dessa maneira calculado o volume total de efluentes que receberá o tratamento para então ser direcionado para rede coletora de esgoto.

Métodos

Caracterização das águas pluviais e cinzas

Para a caracterização qualitativa (físico-química e microbiológica) das águas pluviais e das águas cinzas foram coletadas amostras (Figura 1) provenientes de calhas de cobertura e do efluente proveniente tanto da lavagem de roupas.

Figura 1 - Amostras de águas pluviais e cinzas da máquina de lavar roupas.



Fonte: O autor.

Para as análises microbiológicas realizou-se no Laboratório Escola do Centro Universitária Católico UniSaleasino, campus de Araçatuba-SP a técnica de fermentação em tubos múltiplos, determinou-se o Número Mais Provável (NMP) de coliformes fecais ou termotolerantes (CF), incluindo-se teste presuntivo e confirmativo.

Metodologia para dimensionamento de um sistema para aproveitamento de águas pluviais

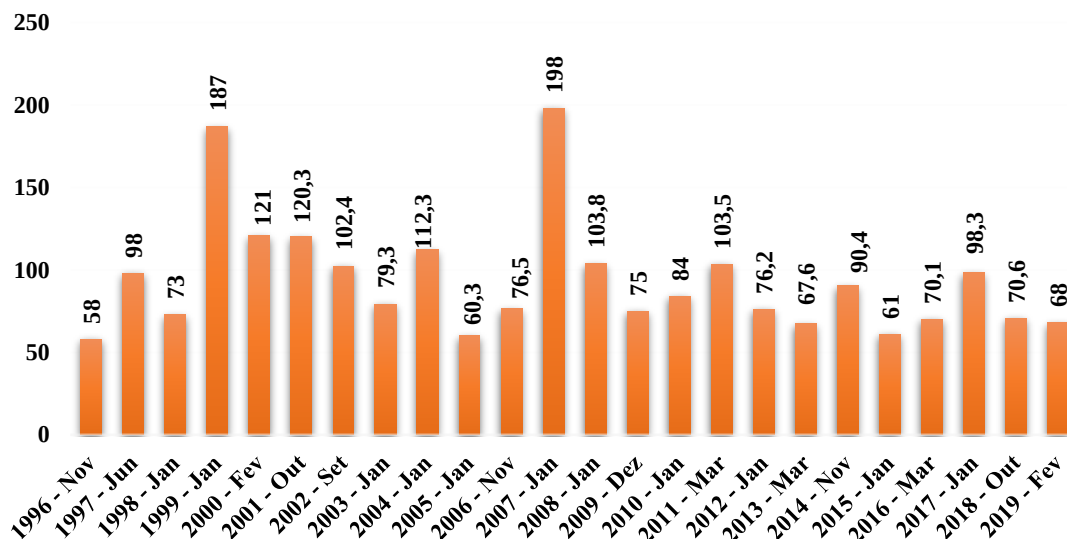
O sistema de distribuição de águas pluviais em conformidade com a NBR 5626 (1998) deve ser independente do sistema de água potável, sendo proibida a conexão cruzada.

Em vista disso, cada residência operará com dois reservatórios distintos, um para receber a água tratada não potável, provinda da rede pluvial que será encaminhada para os pontos definidos e a outra para atender o restante da casa com água potável, provinda da concessionária.

Determinação da Precipitação

Figura 2 - Maiores chuvas na cidade de Araçatuba – SP dos últimos 24 anos, adaptado (CIIAGRO, 2019).

Maiores chuvas dos últimos 24 anos (mm/h)



Fonte – CIIAGRO, 2019.

Coefficiente de escoamento superficial

Conforme Tomaz (2010) o volume de água de chuva precipitado não é equivalente ao que pode ser aproveitado devido as perdas existentes decorrentes da limpeza da cobertura, evaporação, perdas na autolimpeza, entre outros. Portanto, para efeito de cálculo é utilizado o coeficiente de escoamento superficial denominado Runoff, que é a razão entre água que esco superficialmente e total de água precipitada. Para cada tipo de material é determinado um coeficiente de escoamento superficial, na Tabela 3 estão indicados os materiais e seus respectivos coeficientes.

Tabela 3 – Coeficientes médios de Runoff

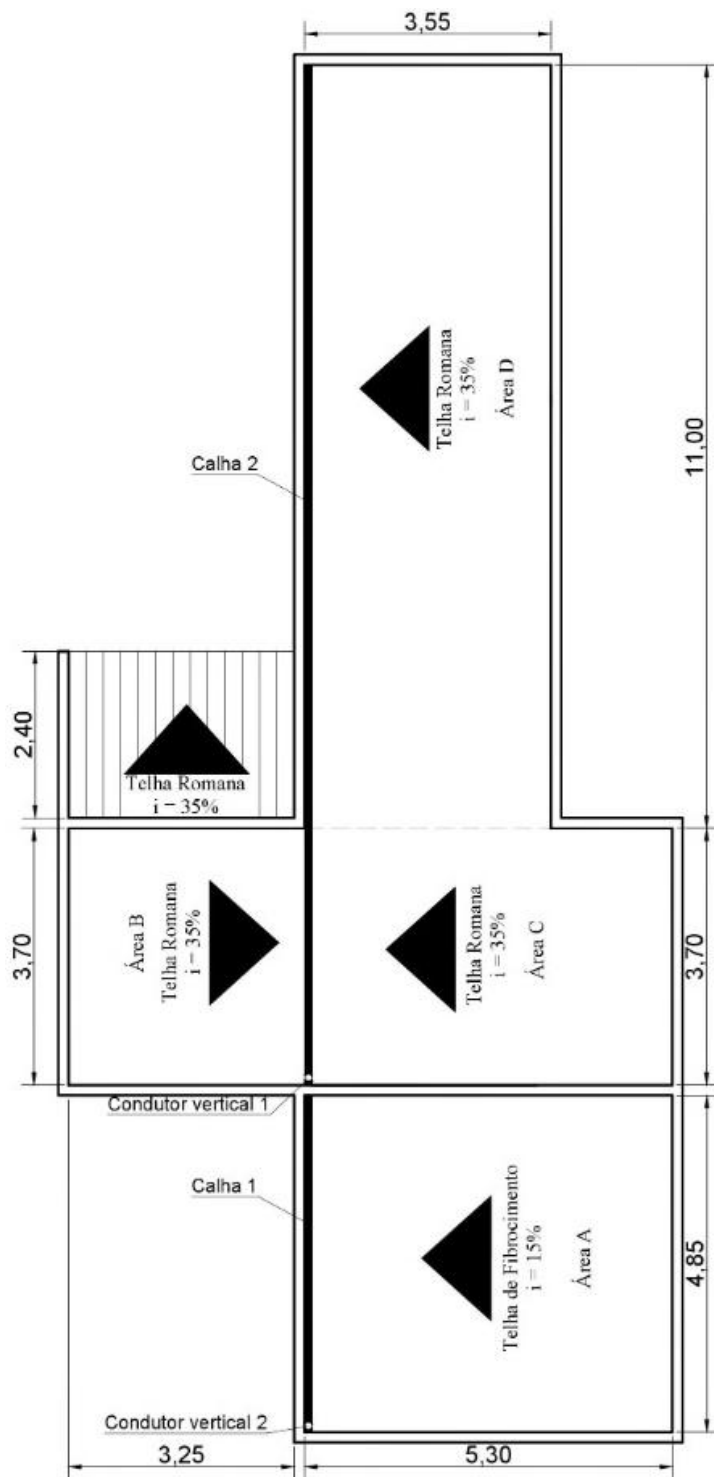
Material	Coeficiente de Runoff
Telhas cerâmicas	0,8 a 0,9
Telhas esmaltadas	0,9 a 0,95
Telhas corrugadas de metal	0,8 a 0,9
Cimento amianto	0,8 a 0,9
Plástico	0,9 a 0,95

Fonte: (TOMAZ, 2010)

Determinação da Área de Contribuição

A cobertura do telhado que foi utilizada para captação de água de chuva possui três sentidos, ou seja, três águas (Áreas A, B e C) conforme mostra a Figura 3.

Figura 3 - Divisão das áreas do telhado (sem escala).



Fonte – O Autor.

Demanda de escoamento inicial

Em estudo feito por May (2004) a autora aconselhou descartar os primeiros 15 a 20 minutos de chuva destinando esse escoamento inicial para limpeza do telhado, devido a área ser exposta pode conter poeira, folhas, fezes de animais, entre outros.

É possível utilizar uma peneira para retirada de folhas e galhos provindos da limpeza do telhado. No modelo experimental realizado pela autora, utilizou-se uma peneira de 0,28 mm, que já era comercializada, e em seguida a água pluvial era destinada a um reservatório de acumulação (MAY, 2009).

Dimensionamento de calhas e condutores

Para obter a vazão de projeto sob a calha seguiu-se os requisitos da NBR 10844 (1989) e o dimensionamento da mesma foi a partir da fórmula de Manning-Strickler da mesma norma.

Previsão de consumo de água não potável

Para prever o consumo de água não potável nas residências fornecida pela concessionária que poderá ser substituída pela água tratada com a utilização do sistema em estudo, realizou-se o levantamento do volume total utilizado para suprir a demanda necessária para as atividades internas e externas das residências.

Foram adotados para fins de cálculo para a estimativa do consumo os parâmetros dos Estados Unidos conforme a Tabela 4 a seguir as atividades nas quais são pretendidas a utilização da água tratada do sistema e seus respectivos parâmetros de consumo.

Tabela 4 - Atividades que serão abastecidas pelo sistema e seus respectivos parâmetros de Engenharia, adaptado.

Uso Interno	Unidades	Parâmetros		
		Inferior	Superior	Mais provável
Descarga bacia	Descarga/pessoa/dia	4	6	5
Volume de descarga	Litros/descarga	6,8	18	9
Vazamentos bacias sanitárias	Porcentagem	0	30	9
Gramado ou jardim	Litros/dia/m ²	2		
Lavagem de carros	Litros/lavagem/carro	150		
Lavagem de carros: frequência	Lavagem/mês	4		
Mangueira de jardim ½"x20m.	Litros/dia	50		

Fonte: TOMAZ, 2010.

Dimensionamento do reservatório

O método de cálculo do reservatório adotado, Método de Rippl, utiliza como base as séries históricas mensais ou diárias de precipitação de chuvas, empregando as diretrizes da NBR 15527, 2007.

Sistema de bombeamento

Cada casa possuirá um sistema de captação de água pluvial, onde será conduzida por gravidade até uma cisterna subterrânea que armazenará toda água oriunda das 10 casas. O sistema de bombeamento será responsável pelo transporte de água da cisterna até o reservatório elevado que fornecerá água para as caixas d'água das residências para ser utilizada para os determinados fins.

Diâmetro nominal da tubulação de recalque e sucção

A tubulação de recalque é calculada conforme diretrizes da NBR 5626 (1998) e para o diâmetro nominal da tubulação de sucção deve ser adotado o diâmetro superior ao de recalque.

Perdas de carga distribuídas

Segundo a NBR 5626 (1998) para calcular o valor perda de cargas nos tubos, deve-se levar em consideração a perda de carga na extensão de um tubo, e diâmetro interno, da vazão e rugosidade da superfície interna da tubulação. É recomendado utilizar a equação universal no cálculo da perda de carga nas tubulações, esses valores de rugosidade são fornecidos pelos fabricantes. Caso não tenha essas informações, utiliza-se as equações de Fair-Whipple-Hsiao.

Velocidade de percolação

A velocidade de percolação por trecho não pode ser superior a 3 m/s de acordo com a NBR 5626 (1998).

Perdas concentradas

São relacionadas com as conexões utilizadas no sistema hidráulico, que auxiliam nos cálculos de perdas de carga totais.

Comprimentos totais da tubulação

A definição do comprimento total da tubulação deu-se pela soma do comprimento real da tubulação, perdas distribuídas e perdas concentradas.

Perda de carga total

É a somatória das perdas de carga unitária com as perdas da tubulação.

Altura manométrica

É a somatória das alturas geométricas com as perdas de carga totais.

Potência da Bomba

Para determinação da potência da bomba foi preciso considerar a altura manométrica, a vazão e o rendimento da bomba.

Consumo de energia do motor/bomba

Para o cálculo de consumo de energia da bomba foram consideradas a potência da bomba e o número de horas de utilização da mesma.

Viabilidade econômica da implantação do sistema

Para analisar a viabilidade do sistema, foi preciso levantar a economia mensal com as tarifas de água e esgoto. Tomou-se como base as tarifas da Soluções Ambientais de Araçatuba (SAMAR), conforme Tabela 5.

Tabela 5 – Tarifas de água e esgoto.

Faixas de Consumo	Água (R\$)	Esgoto (R\$)
00 a 12 m ³ /mês (mínimo)	19,07	15,26
13 a 20 m ³ /mês	2,35	1,88
21 a 30 m ³ /mês	4,34	3,47
31 a 50 m ³ /mês	5,91	4,72
51 a 100 m ³ /mês	8,49	6,79
Acima de 100 m ³ /mês	11,25	8,99

Fonte: SAMAR, 2019.

Para o cálculo do retorno do investimento relacionou-se o custo total para implantação do sistema e a economia mensal que o mesmo acarretou.

Resultados e discussões

Caracterização e definição de tratamento das águas pluviais e cinzas

Através das análises realizadas em laboratório foram constatados os dados conforme as Tabelas 6 e 7.

Tabela 6 - Resultados das análises da amostra de água pluvial.

Análise	Pluvial (caixa de areia)	Parâmetro
Temperatura	10,1	Não determinado
Turbidez	1,04	<2,0 e <5,0 para uso menos restritivos
Condutividade	22,2	<100 mS/cm
pH	8,01	6,0 à 8,0 no caso de tubulação de aço carbono ou galvanizado
Coliformes	negativo	Ausência em 100 ml

Fonte: SAMAR, 2019.

Verificou-se que os resultados das análises de turbidez, pH, microbiológica (coliformes totais e fecais) atendem os parâmetros exigidos pela NBR 15527 (2007), já a análise de condutividade foi analisada de acordo com a Resolução CONAMA Nº357/2005 que determina os valores para a variável de condutividade.

Tabela 7 - Resultados das análises das amostras de águas cinzas.

Análise	Lavagem		Enxague	
	Antes do filtro	Depois do filtro	Antes do filtro	Depois do filtro
Temperatura	30,1	26,2	29,9	25,3
Turbidez	76,3	13,7	31,9	10,5
Condutividade	800	598	637	597
pH	10,74	7,76	9,89	8,48
Coliformes	Positivo	Negativo	Positivo	Negativo

Fonte: SAMAR, 2019

Foi possível perceber que com a implantação do filtro de areia houve redução de todos os índices e é importante ressaltar que se todas as edificações implantassem esse tipo de tratamento para as águas cinzas reduziria o índice de contaminação do esgoto e conseqüentemente o custo para tratamento do mesmo seria menor, além de que a contaminação dos mananciais provinda do esgoto também diminuiria.

Determinação da precipitação

Para o cálculo da vazão da área de contribuição considerou-se a maior chuva dos últimos 24 anos sendo a de 198 mm/h de janeiro de 2007 conforme a Figura 2 deste artigo.

Determinação da área de contribuição

- Área A:

Para altura da platibanda:

$$h = 0,15 * 5,30 \therefore h = 0,80 \text{ m}$$

$$A_{\text{telhado}} = \left(5,30 + \frac{0,80}{2} \right) * 4,85 \therefore A_{\text{telhado}} = 27,64 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{(1,06 * 5,30)}{2} \therefore A_{\text{platibanda}} = 2,81 \text{ m}^2$$

- Área B:

Para altura da platibanda:

$$h = 0,35 * 3,25 \therefore h = 1,14 \text{ m}$$

$$A_{\text{telhado}} = \left(3,25 + \frac{1,14}{2} \right) * 3,70 \therefore A_{\text{telhado}} = 14,13 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{(1,14 * 3,70)}{2} \therefore A_{\text{platibanda}} = 2,11 \text{ m}^2$$

- Área C:

Para altura da platibanda:

$$h = 0,35 * 5,30 \therefore h = 1,86 \text{ m}$$

$$A_{\text{telhado}} = \left(5,30 + \frac{1,86}{2} \right) * 3,70 \therefore A_{\text{telhado}} = 23,05 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{(1,86 * 5,30)}{2} \therefore A_{\text{platibanda}} = 4,93 \text{ m}^2$$

- Área D:

Para altura da platibanda:

$$h = 0,35 * 3,55 \therefore h = 1,24 \text{ m}$$

$$A_{\text{telhado}} = \left(3,55 + \frac{1,24}{2} \right) * 11,50 \therefore A_{\text{telhado}} = 47,96 \text{ m}^2$$

$$A_{\text{platibanda}} = \frac{(1,24 * 11,50)}{2} \therefore A_{\text{platibanda}} = 7,13 \text{ m}^2$$

A somatória das áreas de contribuição por casa dá-se por:

$$AT = 24,64 + 2,81 + 14,13 + 2,11 + 23,05 + 4,93 + 47,96 + 7,13 \\ \therefore 129,76 \text{ m}^2$$

NOTA: Para o cálculo final multiplicou-se esse valor pelo número de casa existentes, sendo ele 10.

Determinação do escoamento superficial

A determinação do coeficiente de escoamento superficial depende do tipo do material empregado cobertura da área de contribuição. O material utilizado foi a telha cerâmica, sendo assim o coeficiente empregado nos cálculos foi 0,80.

Escoamento inicial

Optou-se por fazer o uso do sistema tipo peneira para descarte dos primeiros minutos de chuva sendo retirado folhas e galhos das águas pluviais.

Dimensionamento de calhas e condutores de águas pluviais

Calhas

O cálculo da maior vazão de projeto realizou-se da seguinte maneira:

$$Q = \frac{198 * 129,76}{60} \therefore Q = 428,21 \text{ l/min}$$

O telhado foi dividido em duas calhas: calha 1 que contempla a área de contribuição A, sendo ela de 30,45 m² e calha 2 que abrange as áreas de contribuição B, C e D que somadas totalizam 99,31 m².

Calha 1:

A vazão de projeto:

$$Q = \frac{198 * 30,45}{60} \therefore Q = 100,48 \text{ l/m}$$

A calha adotada foi com seção retangular com dimensões de:

$$b = 0,10 \text{ m;}$$

$$h = 0,05 \text{ m;}$$

A área da seção molhada:

$$S = 0,10 * 0,05 \therefore S = 0,005 \text{ m}^2$$

O perímetro molhado:

$$P = 0,10 + 2 * 0,05 \therefore P = 0,20 \text{ m}$$

O raio hidráulico:

$$RH = \frac{0,005}{0,20} \therefore RH = 0,025 \text{ m}$$

O material da calha adotado foi o aço galvanizado, seu coeficiente de rugosidade é $n = 0,011$ segundo a NBR 10844 (1989).

A declividade adotada da calha foi $i = 0,5\%$.

Em seguida calculou-se a vazão de projeto para calha 1:

$$Q = 60000 * \frac{0,005}{0,011} * 0,025^{\frac{2}{3}} * 0,005^{\frac{1}{2}} \therefore Q = 164,88 \text{ l/min}$$

A vazão obtida pela fórmula de Manning para calha 1 foi $Q = 164,88 \text{ l/min}$, valor superior ao valor de projeto da área de captação $Q = 100,48 \text{ l/min}$, portanto a calha adotada atende a vazão solicitada.

Calha 2:

A vazão de projeto:

$$Q = \frac{198 * 99,31}{60} \therefore Q = 327,72 \text{ l/min}$$

A calha adotada foi com seção retangular com dimensões de:

$$b = 0,20 \text{ m};$$

$$h = 0,10 \text{ m};$$

A área da seção molhada:

$$S = 0,20 * 0,10 \therefore S = 0,02 \text{ m}^2$$

O perímetro molhado:

$$P = 0,20 + 2 * 0,10 \therefore P = 0,40 \text{ m}$$

O raio hidráulico:

$$RH = \frac{0,02}{0,40} \therefore RH = 0,05 \text{ m}$$

A material da calha adotado foi o mesmo da calha 1, o aço galvanizado. Seu coeficiente de rugosidade é $n = 0,011$, a declividade adotada foi a mesma da calha 1, sendo $i = 0,5\%$.

Por fim, calculou-se a vazão de projeto para calha 2:

$$Q = 60000 * \frac{0,02}{0,011} * 0,05^{\frac{2}{3}} * 0,005^{\frac{1}{2}} \therefore Q = 1046,94 \text{ l/min}$$

A vazão obtida pela fórmula de Manning para calha 2 foi $Q = 1046,94 \text{ l/min}$, valor superior ao valor de projeto da área de captação $Q = 327,72 \text{ l/min}$, portanto a calha adotada atende a vazão solicitada.

Condutores Verticais

Para determinação dos condutores verticais, utilizou-se o ábaco (Figura 4) e foram considerados os dados da Tabela 8.

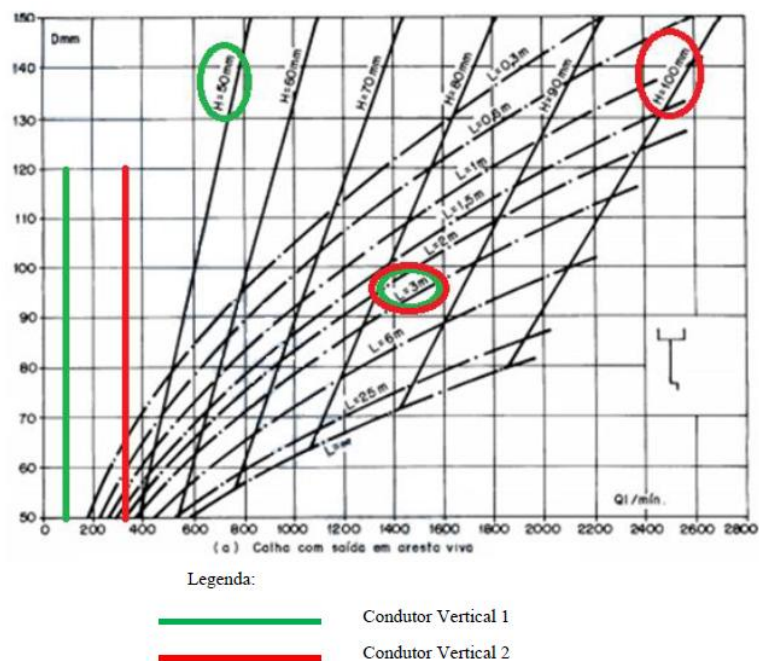
Tabela 8 - Dados para levantamento do DN dos condutores verticais

Dados	Condutor Vertical 1	Condutor Vertical 2
H – Altura da lâmina de água na calha, em mm	50,00	100,00
L – Comprimento do condutor vertical, em m	3,00	3,00
Q – Vazão de projeto, em l/min	100,48	327,72

Fonte: SAMAR, 2019

Os dados da tabela acima foram relacionados uns com os outros para determinar o diâmetro interno dos condutores verticais.

Figura 4 - Determinação dos diâmetros internos dos condutores verticais.



Fonte: SAMAR, 2019.

Encontrou-se um diâmetro inferior ao diâmetro mínimo estabelecido pela NBR 10844 (1989), portanto adotou-se para os dois condutores o diâmetro mínimo interno de 70 mm.

Determinação dos Diâmetros dos Condutores Horizontais

Para os condutores de águas pluviais foram consideradas as vazões de projeto obtidas, tubos lisos ($n = 0,011$) e declividade adotada de 2%. Os diâmetros obtidos foram de 75 mm, 100 mm e 200 mm.

Para águas cinzas (subcoletores e coletores prediais) usou-se como referência a NBR 8160 (1999), ou seja, a somatória de número de Hunter de cada trecho e inclinação e 1%, obtendo-se os diâmetros nominais mínimos de 100 mm.

Previsão de consumo de água não potável

- Para uso nas descargas:

Considerou-se a vazão de 9 litros, uma frequência de cinco usos por pessoa por dia e quatro pessoas por casa.

$$9 \text{ litros} \times 5 \text{ vezes por dia} \times 4 \text{ pessoas} \times 10 \text{ casas} = 1800 \text{ litros};$$

$$1800 \text{ litros} = 1,8 \text{ m}^3 \times 30 \text{ dias} = 54 \text{ m}^3/\text{mês};$$

- Para uso nas torneiras de jardins:

Considerou-se 2 litros/m²/dia, jardim com área de 13,6m² e frequência de 12 vezes no mês.

$$2 \text{ litros} \times 13,6 \text{ m}^2 \times 12 \times 10 \text{ casas} = 3264 \text{ litros} = 3,264 \text{ m}^3/\text{mês};$$

- Para lavagem de carros:

Levou-se em consideração que são consumidos 150 litros por lavagem e a frequência de 4 vezes no mês.

$$150 \text{ litros} \times 4 \text{ vezes no mês} \times 10 \text{ casas} = 6000 \text{ litros} = 6,0 \text{ m}^3/\text{mês};$$

- Para lavagem de passeios:

Considerou-se uma vazão de 50 litros por dia para lavagem de passeios e uma frequência de 20 vezes por mês.

$$50 \text{ litros} \times 20 \text{ vezes por mês} \times 10 \text{ casas} = 10000 \text{ litros} = 10 \text{ m}^3/\text{mês}.$$

Desse modo, o consumo total do mensal de água para fins não potáveis pelo condomínio é de 83,6 m³.

Previsão de efluente de águas cinzas claras

Considerando a contribuição diária de esgoto de 130 litros por pessoa de acordo com a NBR 7229 (1993), e a ocupação do condomínio de 40 pessoas, o volume de água cinza gerado dos chuveiros, lavatórios e máquina de lavar roupas é:

$$V = 130 * 40 * 0,57 \therefore V = 2964 \text{ litros}$$

Portanto, o condomínio direciona à rede de esgoto 2964 litros por dia de efluente com um índice de contaminação reduzido.

Dimensionamento do reservatório

Para o dimensionamento do reservatório através do método analítico de Rippl considerou-se a menor precipitação anual dentro dos últimos 24 anos.

Dessa maneira, utilizou-se os dados do ano de 2005 para elaboração da Tabela 9 que foi composta por 8 colunas:

Coluna 1: meses entre janeiro e dezembro.

Coluna 2: valores médios mensais de chuva em milímetros da região em que a coleta será efetuada. Para maior confiabilidade na demanda de chuva, pode-se construir séries sintéticas com probabilidades de 95%

(extremamente confiável), 85% (confiável) e 75% (tolerável). Os valores médios correspondem a uma probabilidade de 40%, resultado inferior ao tolerável.

Coluna 3: demanda mensal de água de chuva, de acordo com o calculado para a edificação.

Coluna 4: área de captação de chuva, que deve ser a mesma durante todos os meses.

Coluna 5: volumes mensais resultantes da água da chuva.

Coluna 6: diferença entre o volume de consumo e o volume das chuvas mensais. O sinal negativo indica que a quantidade de água de chuva mensal supera o necessário e o valor positivo indica que o consumo é superior ao captado.

Coluna 7: soma do valor resultante no mesmo mês da coluna 6 mais o acumulado do mês anterior da coluna 7. Quando o valor nesta coluna for menor que zero, o mesmo deverá ser desconsiderado.

Coluna 8: (E) = água extravasando, (D) = reduzindo o nível no reservatório de água da chuva, (S) = aumentando o nível de água no reservatório (SILVA, 2017).

Tabela 9 - Dimensionamento do reservatório através do método de Rippl.

Mês	Precipitação média mensal	Demanda constante mensal	Área de captação	Volume de chuva mensal	Diferença entre os volumes da demanda e volume de chuva	Diferença acumulada	Situação do Reservatório
-----	---------------------------	--------------------------	------------------	------------------------	---	---------------------	--------------------------

Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	300,6	83,6	1342,5	322,84	-239,24	-	E
Fevereiro	48,3	83,6	1342,5	51,87	31,73	31,73	D
Março	45	83,6	1342,5	48,33	35,27	67,00	D
Abril	105,7	83,6	1342,5	113,52	-29,92	37,07	S
Mai	81,9	83,6	1342,5	87,96	-4,36	32,71	S
Junho	56,6	83,6	1342,5	60,79	22,81	55,53	D
Julho	12,6	83,6	1342,5	13,53	70,07	125,59	D
Agosto	4	83,6	1342,5	4,30	79,30	204,90	D
Setembro	40	83,6	1342,5	42,96	40,64	245,54	D
Outubro	133,5	83,6	1342,5	143,38	-59,78	185,76	S
Novembro	15,4	83,6	1342,5	16,54	67,06	252,82	D
Dezembro	123,7	83,6	1342,5	132,85	-49,25	203,56	S

Fonte: o Autor

Em vista disso, o volume total do reservatório deve ser de 252,82 m³, esse volume dividiu-se entre a cisterna 195 m³, reservatório elevado 60 m³ e as caixas d'água de água não potável de cada residência 0,5 m³.

Sistema de bombeamento

Através da NBR 5626 (1998) foram determinados os diâmetros das tubulações, perdas de carga e potência da bomba.

Dimensionamento das tubulações de recalque e sucção da bomba

Para dimensionamento da tubulação de recalque utilizou-se a vazão de consumo de água não potável de 2,79 m³/dia, e considerou-se o funcionamento da bomba durante 5 horas/dia. Portanto, a vazão de consumo de água foi 1,55x10⁻⁴ m³/s.

$$Dr = 1,3 * \sqrt{1,55 * 10^{-4}} * \sqrt[4]{\frac{5}{24}} \therefore Dr = 0,011 \text{ m ou } 11\text{mm}$$

Logo, o diâmetro adotado foi 20 mm (diâmetro interno) sendo ele vendido comercialmente como tudo de ¾".

Para o diâmetro da tubulação da sucção adotou-se um diâmetro acima da tubulação de recalque, ou seja, diâmetro interno de 25 mm (1" diâmetro comercial).

Velocidade de escoamento das tubulações de recalque e sucção da bomba

Para a velocidade de escoamento:

Para recalque:

$$v = 4 * 10^3 * 0,155 * \pi^{-1} * 20^{-2} \therefore v = 0,49 \text{ m/s}$$

Para sucção:

$$v = 4 * 10^3 * 0,155 * \pi^{-1} * 25^{-2} \therefore v = 0,32 \text{ m/s}$$

Ambas as velocidades foram inferiores a velocidade máxima permitida que é 3 m/s, ou seja, atendem a velocidade máxima.

Perdas de carga das tubulações de recalque e sucção da bomba

Para sucção:

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,155^{1,75} * 25^{-4,75} \therefore J = 0,0762 \frac{\text{kPa}}{\text{m}} \text{ ou } 0,00762 \text{ m/m}$$

Para recalque:

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,155^{1,75} * 20^{-4,75} \therefore J = 0,2199 \frac{\text{kPa}}{\text{m}} \text{ ou } 0,02199 \text{ m/m}$$

Comprimentos totais das tubulações de recalque e sucção da bomba

Para medir em projeto os comprimentos reais das tubulações foi necessário a utilização de *software*. Precisou-se também determinar a equivalência das conexões utilizadas no sistema.

Para sucção:

Sendo que o comprimento real da tubulação é L= 6,77 m e Leq = 15,10 m determinou-se o comprimento total:

$$LT = 6,77 + 15,10 \therefore LT = 21,87 \text{ m}$$

Para recalque:

Sendo que o comprimento real da tubulação é L= 11,10 m e Leq = 6,10 m determinou-se o comprimento total:

$$LT = 11,10 + 6,10 \therefore LT = 17,20 \text{ m}$$

Determinação de perda de carga total das tubulações de recalque e sucção da bomba

Para sucção:

$$Hp = 21,87 * 0,02199 \therefore Hp = 0,48 \text{ m}$$

Para recalque:

$$Hp = 17,20 * 0,02199 \therefore Hp = 0,38 \text{ m}$$

Em seguida calculou-se a perda de carga cinética (em razão da passagem de fluido).

Para sucção:

$$Hv = \frac{0,32^2}{2 * 9,81} \therefore Hv = 0,005 \text{ m}$$

Para recalque:

$$Hv = \frac{0,49^2}{2 * 9,81} \therefore Hv = 0,012 \text{ m}$$

Determinou-se a perda de carga total:

Para sucção:

$$Ht = 0,17 + 0,005 \therefore Ht = 0,175 \text{ m}$$

Para recalque:

$$Ht = 0,38 + 0,012 \therefore Ht = 0,392 \text{ m}$$

Altura manométrica

Calculou-se a altura manométrica:

Para recalque:

$$Hman \text{ rec} = 7,50 + 0,392 \therefore Hman \text{ rec} = 7,892 \text{ m}$$

Para sucção:

$$Hman \text{ suc} = 0,20 + 0,175 \therefore Hman \text{ suc} = 0,375 \text{ m}$$

A seguir foi calculada a altura manométrica total

$$Hman \text{ total} = 7,892 + 0,375 \therefore Hman \text{ total} = 8,627 \text{ m}$$

Potência da bomba

Para o cálculo da potência da bomba:

$$P = \frac{1000 * 8,627 * 1,55 * 10^{-4}}{75 * 0,50} \therefore P = 0,034 \text{ CV}$$

Dessa forma adotou-se uma bomba comercial de 1/6 CV.

Consumo de energia da bomba

Calculou-se o consumo de energia pela bomba:

$$C = \frac{122,58 * 1 * 30}{1000} \therefore C = 3,68 \text{ kWh}$$

Considerando bandeira verde para cobrança de consumo de energia que é de R\$ 211,20/MWh o valor mensal gasto com o consumo de energia da bomba foi R\$ 0,78.

Dimensionamento das tubulações de distribuição de águas pluviais

Considerou-se 2 horas para enchimento das caixas d'água de 500 litros de cada casa, totalizando 5000 litros. Logo a vazão é conforme a seguir:

$$Q = 0,694 \text{ l/s} \quad \therefore Q = 6,94 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

O cálculo do diâmetro:

$$D = 1,3 * \sqrt[4]{6,94 * 10^{-4}} * \sqrt[4]{\frac{2}{24}} \quad \therefore D = 0,018 \text{ m ou } 18 \text{ mm}$$

Para um melhor funcionamento e analisando o local em que será implantada, a tubulação que será instalada foi 40 mm (1 ¼ comercial).

Verificação de velocidade de escoamento

Calculou-se a velocidade de escoamento:

$$v = 4 * 10^3 * 0,694 * \pi^{-1} * 40^{-2} \quad v = 0,55 \text{ m/s}$$

A velocidade de escoamento é menor que 3,0 m/s, ou seja, atende a velocidade máxima recomendada pela NBR 5626 (1998).

Somatória das conexões

Mediu-se através de *software* o comprimento real da tubulação que é L= 63,90 m e também se realizou a somatória de comprimento equivalente às conexões que é Leq=57,20 m.

$$LT = 63,90 + 57,20 \quad \therefore LT = 121,10 \text{ m}$$

Perdas de carga

A perda de carga:

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,694^{1,75} * 40^{-4,75} \quad \therefore J = 0,113 \frac{\text{kPa}}{\text{m}} \text{ ou } 0,0113 \text{ m/m}$$

A perda de carga total:

$$Hp = 0,0113 * 121,10 \quad \therefore Hp = 1,37 \text{ m/m}$$

No jardim de cada casa será instalada uma conexão para reduzir o diâmetro da tubulação que abastecerá a caixa d'água de 500 litros para cada casa, devido a vazão solicitada ser menor, sendo ela:

$$Q = 6,94 * 10^{-5} \text{ m}^3/\text{s}$$

O diâmetro da tubulação:

$$D = 1,3 * \sqrt[4]{6,94 * 10^{-5} * \frac{2}{24}} \therefore D = 0,006 \text{ m ou } 6 \text{ mm}$$

Adotou-se uma tubulação de diâmetro 20 mm (¾ comercial).

Verificação de velocidade de escoamento

A velocidade de escoamento:

$$v = 4 * 10^3 * 0,069 * \pi^{-1} * 20^{-2} \therefore v = 0,22 \text{ m/s}$$

A velocidade de escoamento é menor que 3,0 m/s, ou seja, atende a velocidade máxima recomendada pela NBR 5626 (1998).

Somatória das conexões

Mediu-se através de *software* o comprimento real da tubulação que é L=18,70m e realizou-se a somatória de comprimento equivalente às conexões que é Leq = 7,90 m.

$$LT = 18,70 + 7,90 \therefore LT = 26,60 \text{ m}$$

Perdas de carga

A perda de carga:

$$J = 8,69 * 10^6 * 0,069^{1,75} * 20^{-4,75} \therefore J = 0,0533 \frac{\text{kPa}}{\text{m}} \text{ ou } 5,33 * 10^{-3} \text{ m/m}$$

A perda de carga total:

$$Hp = 5,33 * 10^{-3} * 26,60 \therefore Hp = 0,14 \text{ m}$$

Somatória das Perdas de carga

$$1,37 + 0,14 = 1,5 \text{ m}$$

Foi considerado o desnível de 1,45 m do terreno, visto que o reservatório foi projetado na parte mais baixa do condomínio. Portanto a perda de carga totaliza em:
 $1,51 + 1,45 = 2,96 \text{ m}$

O reservatório adotado deve ter altura superior a 2,96 m e seu nível mínimo de água não pode estar abaixo da cota para eficiência do sistema. Dessa forma o reservatório adotado foi 7,60 m de altura.

Para o sistema de bombeamento projetou-se um comando de acionamento automático. O sistema aciona a bomba quando o nível estiver abaixo da cota delimitada e desliga quando atinge o nível máximo delimitado.

O sistema de distribuição de águas pluviais ficou conforme mostra as Figuras 5, 6 e 7.

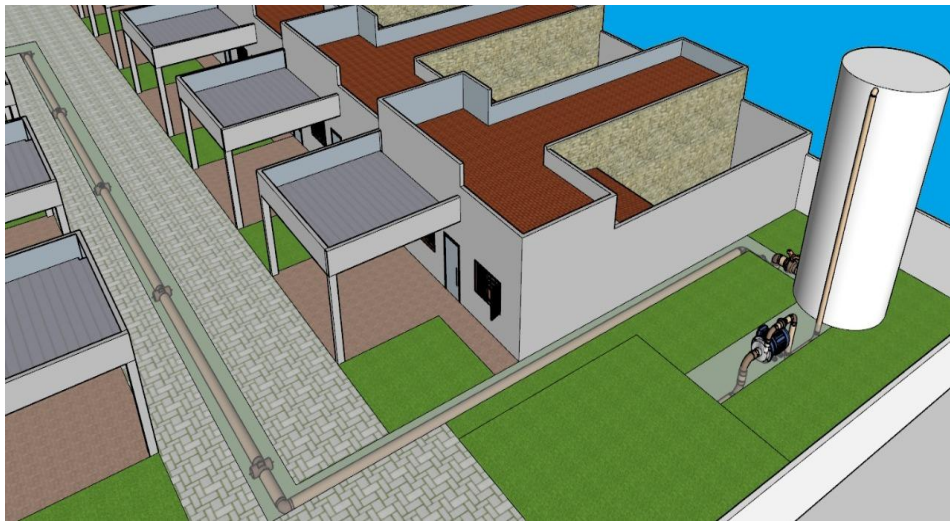


Figura 5 - Distribuição das tubulações do sistema de águas pluviais sem escala.

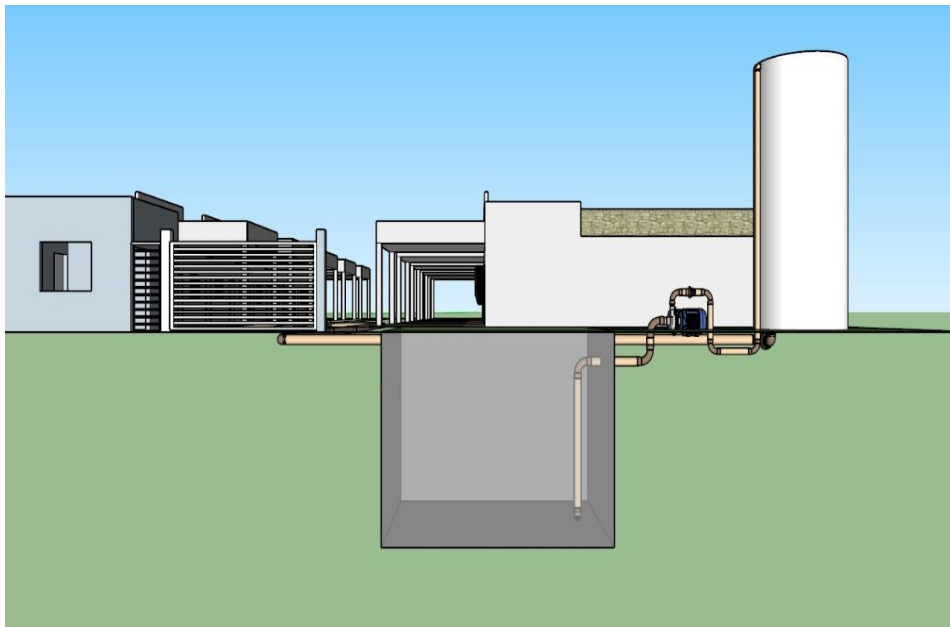


Figura 6 - Distribuição das tubulações do sistema de águas pluviais sem escala.

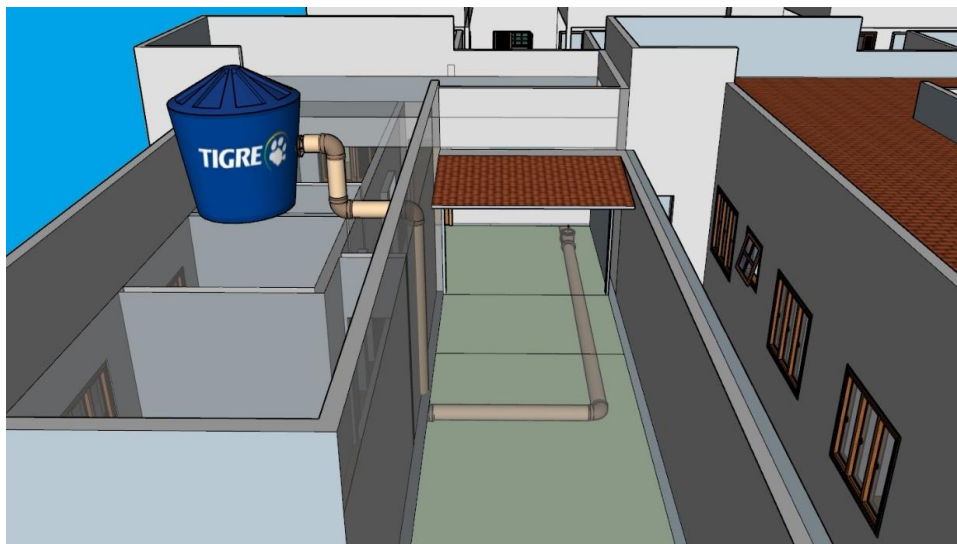


Figura 7 - Distribuição das tubulações do sistema de águas pluviais sem escala.

Viabilidade econômica

O cálculo da viabilidade econômica relacionou a economia mensal de água do condomínio que foi 83,6 m³, sendo o valor da tarifa de água cobrado pela concessionária SAMAR Soluções Ambientais de Araçatuba para este consumo é de R\$ 8,49/m³. Já para o esgoto, é cobrado uma relação de 80% do valor da tarifa de água em cima de seu consumo, resultando em R\$ 6,79/m³, portanto:

Para água:

$$V = 83,6 * 8,49 \therefore V = R\$ 709,76$$

Para esgoto:

$$V = 83,6 * 6,79 \therefore V = R\$ 567,64$$

Totalizando:

$$V = 709,79 + 567,64 \therefore V = R\$ 1277,40$$

Logo, economizou-se mensalmente, com tarifas de água e esgoto, o valor de R\$1277,40.

Cotação de materiais necessários para implantação do sistema

Realizou-se cotação de mercado com todos os materiais utilizados para a implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais e tratamento preliminar de águas cinzas. O custo para implantação do sistema de águas pluviais totalizou R\$ 65.207,32. Já para a implantação do tratamento preliminar de águas cinzas totalizou R\$ 9.901,53.

Retorno do investimento

O tempo de retorno do investimento foi determinado da seguinte forma:

$$RI = \frac{65207,32 + 9901,53}{1277,40 - 0,78} \therefore RI = 58,83 = 59 \text{ meses}$$

Na introdução desse artigo foi apresentado alguns exemplos de implantação do sistema de aproveitamento de águas pluviais, os quais o retorno do investimento varia entre 3 e 16,5 anos. Portanto, o retorno do investimento do sistema no condomínio em estudo está dentro do esperado.

Conclusões

A proposta levantada nesse estudo visou o aproveitamento de águas pluviais em um condomínio na cidade de Araçatuba-SP. O projeto apresenta redução do consumo de água fornecido pela concessionária e consequentemente uma economia mensal com as tarifas de água e esgoto de R\$ 1.277,40.

Outra proposta sugerida nesse trabalho para contribuir com o meio ambiente foi um sistema de tratamento preliminar de águas cinzas claras compostas por um filtro de cascalho e areia.

Com os resultados das análises foi possível perceber que reduziram -se todos os índices de contaminação da água para posteriormente ser encaminhada para a rede de esgoto. Se todas as edificações implantassem esse sistema reduziria o custo para tratamento de esgoto e consequentemente a contaminação dos mananciais.

Através da cotação no mercado levantou-se o custo para implantação do sistema de águas pluviais de R\$ 65.207,32, o custo do sistema de tratamento preliminar de águas cinzas claras de R\$ 9.901,53 e um tempo de retorno do investimento de 59 meses.

Sendo assim, a implantação das sugestões propostas nesse estudo traz muitos benefícios tanto para os moradores do condomínio quanto para o meio ambiente, pois em pouco tempo o gasto para a implantação do sistema, que é dividido igualmente pela quantidade de casas, será retornado e o consumo de água fornecido pela concessionária será reduzido preservando, assim, o elemento essencial para a vida e garantindo esse recurso para as próximas gerações.

Referências Bibliográficas

ARAÇATUBA (SP). Lei nº 7447 de 26 de março de 2012. Altera o dispositivo da Lei nº 1526 de 2 de abril de 1971, que institui o código de postura do município. Araçatuba, 2012. Disponível em: <<https://leismunicipais.com.br/a/sp/a/aracatuba/lei-ordinaria/2012/744/7447/lei-ordinaria-n-7447-2012-altera-dispositivos-da-lei-n-1526-de-2-de-abril-de-1971-que-institui-o-codigo-de-posturas-do-municipio>>. Acesso em: 18 de mar. 2019.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10844. Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7229. Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5626. Instalação predial de água fria. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 8160. Sistemas prediais de esgoto sanitário - Projeto e execução. Rio de Janeiro. 1999.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15527. Água de chuva – Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis – Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BRASIL. Resolução CONAMA Nº357 de 17 de março de 2005. Brasília, DF, 2005.

CIAGRO - Centro Integrado de Informações Agrometeorológicas. Chuva mensal na cidade de Araçatuba. Disponível em: <<http://www.ciiagro.sp.gov.br/ciiagroonline/Quadros/QChuvaPeriodo.asp>>. Acesso em: 07 de fev. 2019.

ECOCASA TECNOLOGIAS AMBIENTAIS. Esgoto doméstico: como converter um problema ambiental em solução inteligente. ECOCASA, 2014. Disponível em: <<https://www.ecocasa.com.br/esgoto-domestico-como-converter-um-problema-ambiental-em-solucao-inteligente>>. Acesso em: 22 set. 2019.

FRANÇA, A. M. Análise da viabilidade econômica para o aproveitamento de água de chuva em uma residência na cidade de Goiânia. Universidade Federal de Goiás, Curso de Graduação em Engenharia Civil. Goiânia, 2011.

FUNASA – Fundação Nacional de Saúde. Manual de Saneamento. Ministério da Saúde. Brasília, 2004.

GUINDANI, A. M. Estudo de Viabilidade Econômica da Implantação do Sistema de Captação e Aproveitamento de Águas Pluviais em Edificação Residencial em Estrela-RS. Trabalho de Conclusão de Curso II apresentado ao Centro de Ciências Exatas e Tecnológicas do Centro Universitário UNIVATES, Lajeado – RS, 2016.

KOBIYAMA, M.; CHECCHIA, T.; SILVA, R. V. Tecnologias Alternativas para Aproveitamento de Águas - Aproveitamento de água da chuva, dessalinização e reuso da água. Curso de Especialização em Gestão de Recursos Hídricos. Universidade Federal de Santa Catarina Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2005.

MAY, S. Estudo da Viabilidade do Aproveitamento de Água de Chuva para Consumo não potável em Edificações. Dissertação (Mestre em Engenharia) - Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo. 2004.

MAY, S. Caracterização, tratamento e reuso de águas cinzas e aproveitamento de águas pluviais em edificações. Tese (Doutorado em Engenharia) – Escola Politécnica da Universidade São Paulo. São Paulo. 2009.

MIGUEL, S. Nova York, a metrópole com a água mais pura do planeta. 2016 Disponível em: <<http://www.iea.usp.br/noticias/nova-york-a-metropole-com-a-agua-mais-pura-do-planeta-1>>. Acesso em: 21 set. 2019.

SILVA, J. Dimensionamento de reservatório de água da chuva pelo método de Rippl. 2017 Disponível em: <<https://maisengenharia.altoqi.com.br/hidrossanitario/dimensionamento-de-reservatorio-de-agua-da-chuva-pelo-metodo-de-ripp/>>. Acesso em 30 set. 2019.

TOKARNIA, M. Unesco: mundo precisará mudar consumo para garantir abastecimento de água. Agência Brasil, 2015. Disponível em: <https://agenciabrasil-ebc-com-br.cdn.ampproject.org/v/agenciabrasil.ebc.com.br/internacional/noticia/2015-03/mundo-precisara-mudar-padrao-de-consumo-para-garantir-abastecimento-de?amp=&usqp=mq331AQCCAE%3D&_js_v=0.1#referrer=https%3A%2F%2Fwww.google.com&_tf=Fonte%3A%20%251%24s&_share=http%3A%2F%2Fagenciabrasil.ebc.com.br%2Finternacional%2Fnoticia%2F2015-03%2Fmundo-precisara-mudar-padrao-de-consumo-para-garantir-abastecimento-de>. Acesso em: 17 fev. 2019.

TOMAZ, P. Aproveitamento de água de chuva em áreas urbanas para fins não potáveis. São Paulo: Navegar, 2010.

2Fagenciabrasil.ebc.com.br%2Finternacional%2Fnoticia%2F2015-03%2Fmundo-precisara-mudar-padrao-de-consumo-para-garantir-abastecimento-de>. Acesso em: 17 fev. 2019.

Das Redes Convolucionais aos Modelos Multimodais

Uma revisão técnica sobre arquiteturas de inteligência artificial generativa de imagens

From convolutional networks to multimodal models: a technical review on architectures of generative artificial intelligence for images.

Francis Martins de Souza¹
Hercules Farnesi da Costa Cunha²

RESUMO

Este artigo apresenta uma revisão bibliográfica sobre os fundamentos técnicos dos sistemas de geração de imagens por Inteligência Artificial e sua aplicação pedagógica na literatura infantil científica. A partir da análise de arquiteturas como CNN, U-Net, Transformer, Modelos de Difusão e da técnica LoRA, o estudo descreve o processo de criação visual assistida por IA. O modelo Gemini, da Google DeepMind, é examinado como alternativa para contextos que exigem raciocínio contextual bidirecional. Conclui-se que a eficácia pedagógica dessas narrativas depende da agência humana no processo criativo, conceito conhecido como Human-in-the-Loop (HITL), sendo proposto um fluxo metodológico replicável para educadores que buscam integrar IA generativa à produção de materiais educacionais visuais.

Palavras-chave: Inteligência Artificial Generativa; Modelos de Difusão; Transformer; LoRA; Narrativas Visuais Infantis; Educação Científica.

ABSTRACT

This article presents a bibliographic review of the technical foundations of AI image generation systems and their pedagogical application in scientific children's literature. Based on the analysis of architectures such as CNN, U-Net, Transformer, Diffusion Models, and the LoRA technique, the study describes the AI-assisted visual creation process. Google DeepMind's Gemini model is examined as an alternative for contexts requiring bidirectional contextual reasoning. The article concludes that the pedagogical effectiveness of these narratives depends on maintaining human agency in the creative process, a concept known as Human-in-the-Loop (HITL), and proposes a replicable methodological workflow for educators seeking to integrate generative AI into the production of visual educational materials.

Keywords: Generative Artificial Intelligence; Diffusion Models; Transformer; LoRA; Children's Visual Narratives; Science Education.

¹ Professor especialista do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.
fmartinsdesign@gmail.com

² Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium de Araçatuba.
herculesfc@gmail.com

Introdução

A produção de narrativas visuais atravessa uma transformação estrutural impulsionada pelo avanço das Inteligências Artificiais Generativas. O que até recentemente demandava equipes especializadas de ilustradores e longos ciclos de produção pode, hoje, ser parcialmente automatizado e democratizado por meio de sistemas algorítmicos, capazes de sintetizar imagens a partir de descrições textuais com elevada fidelidade estética. No entanto, a adoção dessas ferramentas no contexto educacional não pode ser reduzida a uma questão de eficiência técnica, ela envolve decisões epistemológicas, éticas e pedagógicas que demandam compreensão aprofundada dos mecanismos subjacentes.

Este artigo parte da premissa de que a utilização responsável e intencional de sistemas de IA, na criação de materiais educacionais visuais pressupõe, por parte do educador-autor, o domínio conceitual dos fundamentos técnicos que regem o funcionamento dessas ferramentas. Sem esse embasamento, o processo criativo torna-se dependente da opacidade algorítmica, a chamada "caixa-preta", e o controle sobre a qualidade pedagógica e a consistência estética do produto final fica comprometido.

Assim, o objetivo central deste trabalho é, portanto, descrever criticamente o processo de geração de imagens por IA, articulando os fundamentos técnicos das principais arquiteturas, CNN, U-Net, Modelos de Difusão, Transformer e LoRA, com um fluxo metodológico aplicável à produção de narrativas visuais. Para isso, adota-se como procedimento uma revisão bibliográfica de caráter analítico, articulando a literatura técnica de aprendizado profundo, com referenciais da educação, da semiótica e do storytelling pedagógico.

O artigo está estruturado em quatro seções. A primeira descreve os fundamentos técnicos das arquiteturas de IA generativa. A segunda apresenta o processo metodológico de criação visual assistida por IA, detalhando o pipeline, as estratégias de controle de consistência e o papel da curadoria humana. A terceira, examina a aplicabilidade pedagógica dessas ferramentas no ensino de ciências para crianças, com análise comparativa entre Modelos de Difusão e o modelo multimodal Gemini. A quarta seção apresenta as considerações finais e recomendações para pesquisas futuras.

Fundamentos Técnicos dos Sistemas de Geração de Imagens por Inteligência Artificial

Machine Learning e Redes Neurais: A Base do Processo Generativo

Os sistemas de geração de imagens por IA fundamentam-se no paradigma do Machine Learning (ML), ou aprendizado de máquina, ramo da inteligência artificial que viabiliza sistemas capazes de aprender padrões a partir de dados, sem que regras sejam explicitamente programadas (GOODFELLOW; BENGIO; COURVILLE, 2016). No contexto da geração visual, esses sistemas são estruturados como redes neurais artificiais profundas, conjuntos de camadas computacionais interconectadas que, durante o treinamento, ajustam seus parâmetros internos de forma iterativa para minimizar a discrepância entre as saídas produzidas e as saídas esperadas.

O treinamento de modelos de geração de imagens exige conjuntos de dados compostos por pares de imagens e descrições textuais, cuja qualidade e diversidade determinam diretamente a capacidade do sistema de aprender associações estatísticas entre linguagem e representação visual. Na prática, o desenvolvimento desses modelos raramente ocorre do zero: parte-se de modelos pré-treinados que já incorporam um amplo repertório visual, sobre os quais técnicas de adaptação são aplicadas para especialização em domínios específicos.

Arquiteturas Convolucionais: Da CNN Tradicional à U-Net

As redes neurais convolucionais (CNNs) foram as primeiras arquiteturas a demonstrar desempenho superior em tarefas de visão computacional. Seu funcionamento baseia-se na aplicação de filtros convolucionais que detectam progressivamente características visuais de crescente complexidade, bordas, texturas e formas, por meio de operações de convolução e pooling, que reduzem a resolução espacial enquanto aumentam a profundidade das representações. Contudo, as CNNs tradicionais foram concebidas para tarefas de classificação, produzindo como saída um vetor de categorias para a imagem inteira. Isso implica no descarte progressivo das informações de localização espacial, o que as torna inadequadas para tarefas que exigem mapeamento pixel a pixel.

A U-Net, proposta por Ronneberger, Fischer e Brox (2015) para segmentação de imagens biomédicas, resolveu essa limitação por meio de uma arquitetura simétrica em formato de "U": um caminho de contração (Encoder) que extrai características de forma progressivamente abstrata, seguido por um caminho de expansão (Decoder) que reconstrói a resolução espacial original. O elemento arquitetural central e distintivo da U-Net são as Skip Connections, ligações diretas entre camadas simétricas do Encoder e do Decoder, que transferem informações espaciais detalhadas para o processo de reconstrução, evitando a perda de localização causada pela contração. Essa capacidade de mapear saídas na mesma resolução da entrada tornou a U-Net a arquitetura padrão nos Modelos de Difusão para a tarefa de denoising progressivo.

Modelos de Difusão: O Mecanismo Generativo

Os Modelos de Difusão constituem o paradigma dominante na geração de imagens por IA generativa. Formalizados por Sohl-Dickstein *et al.* (2015) e refinados por Ho, Jain e Abbeel (2020) nos Denoising Diffusion Probabilistic Models (DDPM), esses modelos baseiam-se em um princípio de duas etapas: um processo direto (forward process), no qual uma imagem original é progressivamente corrompida pela adição controlada de ruído gaussiano, ao longo de centenas de passos iterativos até a dissolução completa de sua estrutura; e um processo reverso (reverse process), no qual uma rede neural, tipicamente uma U-Net, é treinada para aprender o caminho inverso, removendo o ruído progressivamente e reconstruindo estruturas coerentes a partir de representações aleatórias.

Uma contribuição técnica decisiva para a viabilidade prática desses modelos foi a introdução dos Latent Diffusion Models (LDM) por Rombach *et al.* (2022), nos quais o processo de difusão opera em um espaço latente de dimensionalidade reduzida obtido por um autoencoder, reduzindo significativamente o custo computacional. Ferramentas como o Stable Diffusion, o Midjourney e o DALL-E 3 são implementações representativas dessa abordagem. Quando condicionados por descrições textuais, esses modelos utilizam mecanismos de atenção cruzada (cross-attention) para alinhar as representações semânticas do texto ao processo de síntese visual, possibilitando a geração de imagens a partir de comandos linguísticos.

A Arquitetura Transformer e os Modelos Multimodais

A arquitetura Transformer, proposta por Vaswani *et al.* (2017) no trabalho seminal Attention is All You Need, representou uma ruptura paradigmática no aprendizado profundo ao substituir as operações locais de convolução por um mecanismo de atenção global. Para cada elemento de uma sequência, o Transformer calcula o quanto cada outro elemento é relevante para interpretá-lo, por meio de três projeções: a Query (Q), que representa o que o elemento busca; a Key (K), que representa o que cada elemento oferece; e o Value (V), que contém o conteúdo informacional de cada elemento. A atenção é calculada comparando Q com todos os K, usando o resultado como peso para combinar os V correspondentes, produzindo uma representação de cada elemento enriquecida pelo contexto global da sequência.

O mecanismo de atenção multi-cabeça (multi-head attention) executa esse processo em paralelo, com diferentes parâmetros, permitindo que o modelo aprenda simultaneamente múltiplos tipos de relações, sintáticas, semânticas, espaciais. A diferença fundamental em relação à U-Net reside no escopo de processamento: enquanto a U-Net opera localmente, analisando regiões da imagem por meio de convoluções, o Transformer processa todos os elementos globalmente e de uma só vez, capturando relações de longa distância que a arquitetura convolucional não consegue modelar eficientemente.

É sobre esse alicerce que modelos multimodais modernos são construídos. O Gemini, desenvolvido pela Google DeepMind (TEAM GEMINI *et al.*, 2023), aplica o mecanismo Transformer a múltiplas modalidades simultaneamente, texto, imagem, áudio e código são representados como sequências de tokens e processados por uma mesma arquitetura unificada. A atenção cruzada entre modalidades (cross-modal attention) permite que tokens textuais e visuais se inter-relacionem diretamente, conferindo ao modelo a capacidade de raciocinar de forma integrada sobre diferentes formas de representação do conhecimento e, portanto, de simultaneamente compreender e gerar conteúdo visual orientado por instrução linguística.

Quadro 1 — Comparativo entre arquiteturas de processamento visual

Dimensão	CNN Tradicional	U-Net	Transformer
Objetivo principal	Classificação da imagem inteira	Mapeamento pixel a pixel	Modelagem global de sequências

Dimensão	CNN Tradicional	U-Net	Transformer
Operação base	Convolução local	Convolução + Skip Connections	Mecanismo de atenção global
Saída	Vetor de classes	Máscara de mesma resolução	Sequência contextualizada
Alcance contextual	Local (janela convolucional)	Local + preservação espacial	Global (toda a sequência)
Multimodalidade	Não	Não	Sim (tokens unificados)
Aplicação em IA Generativa	Extração de características	Denoising nos Diffusion Models	Geração multimodal integrada

Fonte: Elaboração dos autores, com base em Ronneberger *et al.* (2015), Ho *et al.* (2020), Rombach *et al.* (2022) e Vaswani *et al.* (2017).

Adaptação por LoRA: Especialização com Eficiência Computacional

O treinamento completo de modelos de difusão de grande escala exige recursos computacionais proibitivos para a maioria dos pesquisadores e educadores. A técnica Low-Rank Adaptation (LoRA), proposta por Hu *et al.* (2022), resolve esse impasse ao permitir o ajuste fino de redes neurais pré-treinadas por meio da inserção de matrizes de baixo posto (low-rank matrices) nas camadas de atenção do modelo. Em vez de atualizar todos os parâmetros da rede, o LoRA congela os pesos originais e treina apenas essas matrizes compactas adicionais, que representam as modificações necessárias para a especialização. O custo computacional é reduzido drasticamente sem perda significativa de desempenho.

No contexto da produção de imagens consistentes, o LoRA assume relevância especial: ao ser treinado com um conjunto coeso de imagens de um personagem, o adaptador aprende a codificar matematicamente as características visuais distintivas dessa imagem base, proporções, paleta de cores, estilo de traço, permitindo que essas características sejam replicadas de forma consistente em diferentes cenas e composições. A padronização de prompts, o controle da seed e o ajuste da intensidade de aplicação do LoRA são estratégias complementares que, em conjunto, transformam o caráter estocástico da geração algorítmica em um processo de design controlado e reproduzível.

Processo Metodológico de Criação Visual Assistida por Inteligência Artificial

Estrutura do Pipeline Criativo

O processo de criação de narrativas visuais assistidas por IA não é um ato pontual de geração, mas um pipeline metodológico estruturado em etapas interdependentes. Sua eficácia pedagógica depende da articulação entre o planejamento narrativo, a parametrização técnica e a curadoria humana. O fluxo pode ser descrito nas seguintes fases:

Planejamento narrativo: definição do roteiro, dos personagens e do storyboard com base em estruturas dramáticas, consolidadas como o paradigma de três atos de Syd Field e a Jornada do Herói de Campbell (2007). Esta etapa é inteiramente humana e determina a intencionalidade pedagógica de toda a produção subsequente.

Construção da ficha de personagem: documentação sistemática das características visuais do personagem, morfologia, paleta de cores, estilo artístico, expressões que servirão de base para o treinamento do adaptador LoRA e para a padronização dos prompts.

Geração e iteração: produção de variações visuais por meio do modelo generativo, utilizando prompts padronizados e parâmetros técnicos controlados. Esta etapa é iterativa: múltiplas variações são geradas e submetidas à curadoria antes da seleção final.

Curadoria e validação pedagógica: avaliação humana das imagens geradas quanto à acurácia científica, adequação etária, coerência narrativa e qualidade estética. É nesta etapa que a intencionalidade pedagógica é efetivamente conferida ao produto.

Documentação via metadados: registro sistemático dos parâmetros técnicos de cada imagem produzida para garantir a reprodutibilidade do processo.

Controle de Consistência e Metadados JSON

A principal barreira técnica na produção de narrativas visuais por IA reside na manutenção da consistência morfológica dos personagens, ao longo de múltiplas cenas. O caráter estocástico dos modelos generativos em que pequenas variações no prompt ou

nos parâmetros produzem resultados significativamente diferentes pode comprometer a unidade visual da narrativa e, conseqüentemente, a eficácia pedagógica do material. A solução metodológica para esse problema envolve a combinação de três recursos: o uso de adaptadores LoRA, treinados com imagens do personagem; a padronização rigorosa dos prompts, mantendo uma estrutura base fixa e variando apenas os elementos de cena; e o controle da seed aleatória, que determina o ponto de partida do processo de denoising e, quando fixada, permite a replicação de resultados.

Para assegurar o rigor metodológico e a reprodutibilidade do processo, requisitos fundamentais em pesquisa acadêmica, recomenda-se a documentação sistemática dos parâmetros de geração em formato JavaScript Object Notation (JSON). Conforme aponta Santaella (2023), essa prática transforma o caráter estocástico da IA em um processo de design auditável: ao registrar variáveis como seed, pesos do adaptador, estrutura semântica do prompt e parâmetros de sampling, o pesquisador cria uma "assinatura técnica" de cada imagem produzida, permitindo que outros pesquisadores repliquem ou auditem o percurso metodológico (MACHADO, 2007).

Curadoria Humana e o Conceito de Human-in-the-Loop

A dimensão ética e pedagógica do processo de criação, assistida por IA, converge no conceito de Human-in-the-Loop (HITL), abordagem que postula a centralidade da agência humana em todos os processos de criação mediados por sistemas algorítmicos. No contexto da produção de materiais educacionais infantis, o HITL opera em três dimensões complementares: a conceitual, responsável pela definição dos objetivos pedagógicos e dos valores que a narrativa deve transmitir; a técnica, que envolve a parametrização dos modelos e a seleção criteriosa dos resultados gerados; e a ética, que assegura a adequação do conteúdo ao público infantil, a verificação da acurácia científica das representações e a reflexão sobre os vieses potencialmente presentes nos dados de treinamento dos modelos utilizados.

A curadoria humana não é, portanto, uma etapa opcional de refinamento estético, ela é o mecanismo que confere legitimidade autoral, pedagógica e jurídica à obra produzida. Estudos contemporâneos da World Intellectual Property Organization (WIPO) indicam que a proteção autoral de obras geradas com IA depende diretamente do nível de

participação humana no processo criativo, sendo insuficiente, do ponto de vista jurídico, a mera emissão de comandos textuais sem evidência de direcionamento intelectual consistente. Sob essa perspectiva, a coautoria algorítmica emerge como uma categoria descritiva adequada para as práticas criativas contemporâneas: não há equivalência entre máquina e autor, mas uma colaboração em que a responsabilidade ética, estética e legal permanece vinculada ao sujeito humano.

Análise Comparativa: Modelos de Difusão versus Gemini para Produção Pedagógica

A escolha do modelo generativo a ser adotado em um projeto de criação educacional não é uma decisão técnica neutra, ela implica diferentes graus de controle autoral, diferentes exigências de expertise técnica e diferentes capacidades de raciocínio contextual. O Quadro 2 sintetiza as principais dimensões de contraste relevantes para o contexto pedagógico.

Quadro 2 — Análise comparativa entre Modelos de Difusão e Gemini para produção educacional

Dimensão	Modelos de Difusão	Gemini (Multimodal)
Arquitetura base	U-Net + Transformer condicional	Transformer nativamente multimodal
Direção do fluxo	Texto → Imagem (unidirecional)	Texto ↔ Imagem (bidirecional)
Raciocínio contextual	Limitado ao prompt textual	Elevado; integra instrução e contexto visual
Refinamento iterativo	Via reescrita de prompt e parâmetros	Via instrução em linguagem natural
Barreira técnica	Elevada (GPU, seeds, LoRA)	Baixa (interface conversacional)
Consistência de personagem	Alta com LoRA e seed controlada	Crescente via contexto e referências
Transparência metodológica	Metadados JSON (seed, pesos)	Histórico conversacional documentado
Perfil de uso indicado	Máximo controle estético e técnico	Raciocínio contextual e uso pedagógico

Fonte: Elaboração dos autores, com base em Ho *et al.* (2020), Rombach *et al.* (2022), Hu *et al.* (2022) e Team Gemini *et al.* (2023).

A análise do Quadro 2 evidencia que os dois paradigmas não são excludentes, mas complementares, com perfis de adequação distintos conforme o contexto de aplicação. Os Modelos de Difusão oferecem o maior grau de controle paramétrico e consistência estética, sendo indicados para produções que demandam ajuste fino rigoroso de estilo visual. O Gemini, por sua vez, apresenta vantagens estruturais em cenários que exigem raciocínio contextual profundo, refinamento iterativo mediado por linguagem natural e menor barreira técnica de acesso, características que o tornam particularmente adequado para educadores sem formação especializada em aprendizado profundo.

A decisão entre os dois paradigmas deve, portanto, ser orientada pelas demandas específicas do projeto educacional: pelo nível de expertise técnica disponível, pela necessidade de consistência visual ao longo de narrativas extensas e pelo grau de raciocínio contextual exigido pelo material. Em qualquer dos casos, o princípio do Human-in-the-Loop permanece como salvaguarda metodológica inegociável, assegurando que a tecnologia sirva ao propósito pedagógico e não o contrário.

Considerações Finais

Este artigo demonstrou que a utilização de sistemas de IA generativa na produção de narrativas visuais educacionais infantis não pode ser reduzida ao ato de emitir comandos textuais a uma ferramenta. Ela pressupõe a compreensão dos fundamentos técnicos que regem o funcionamento dessas arquiteturas, a lógica de denoising iterativo dos Modelos de Difusão, o papel da U-Net na preservação da coerência espacial, a capacidade do Transformer, de estabelecer relações semânticas globais entre modalidades e a função da LoRA, como mecanismo de especialização eficiente, pois é esse conhecimento que permite ao educador-autor exercer controle intencional sobre o produto gerado.

O pipeline metodológico descrito, planejamento narrativo, construção de ficha de personagem, geração iterativa, curadoria pedagógica e documentação via metadados, constitui um fluxo replicável que pode ser adotado por pesquisadores e educadores em diferentes contextos, independentemente do modelo generativo escolhido. A manutenção da agência humana em cada etapa desse fluxo, operacionalizada pelo conceito de Human-

in-the-Loop, é o que transforma a opacidade algorítmica em coautoria responsável e o produto gerado em material pedagógico legitimamente autoral.

Como limitações desta revisão, aponta-se a velocidade de evolução do campo: as arquiteturas e ferramentas analisadas representam o estado da arte no horizonte de 2026, mas o ritmo de inovação em IA generativa torna qualquer análise comparativa provisória. Como recomendações para pesquisas futuras, sugere-se a realização de estudos empíricos que avaliem o impacto cognitivo e emocional de narrativas visuais, produzidas com auxílio algorítmico em contextos escolares reais, bem como investigações sobre as percepções de educadores acerca da autoria e da responsabilidade pedagógica na produção de materiais mediados por IA.

Referências

BETTELHEIM, Bruno. A psicanálise dos contos de fadas. 16. ed. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 2002.

BRUNER, Jerome. Atos de significação. Porto Alegre: Artes Médicas, 1997.

CAMPBELL, Joseph. O herói de mil faces. 10. ed. São Paulo: Cultrix, 2007.

CUNHA, Hercules Farnesi da Costa. Roteiro e storyboard nos jogos digitais: rumos da história e planejamento de cenas. Araçatuba, SP: Ed. do Autor, 2026.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Deep learning. Cambridge: MIT Press, 2016.

HO, Jonathan; JAIN, Ajay; ABBEEL, Pieter. Denoising diffusion probabilistic models. In: CONFERENCE ON NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS (NeurIPS), 33., 2020, Vancouver. Anais [...]. Vancouver: Curran Associates, 2020. p. 6840-6851.

HU, Edward J. et al. LoRA: Low-rank adaptation of large language models. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON LEARNING REPRESENTATIONS (ICLR), 10., 2022, Online. Proceedings [...]. OpenReview, 2022.

MACHADO, Arlindo. Arte e mídia. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 2007.

MEDICAL IMAGE COMPUTING AND COMPUTER-ASSISTED INTERVENTION (MICCAI), 18., 2015, Munich. Lecture Notes in Computer Science. Cham: Springer, 2015. v. 9351, p. 234-241.

ROMBACH, Robin et al. High-resolution image synthesis with latent diffusion models. In: IEEE/CVF CONFERENCE ON COMPUTER VISION AND PATTERN

RECOGNITION (CVPR), 2022, New Orleans. Proceedings [...]. New Orleans: IEEE, 2022. p. 10684-10695.

RONNEBERGER, Olaf; FISCHER, Philipp; BROX, Thomas. U-Net: convolutional networks for biomedical image segmentation. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON.

SALMON, Christian. Storytelling: a máquina de fabricar histórias e formatar mentes. São Paulo: Cultrix, 2010.

SANTAELLA, Lucia. Inteligência artificial e criatividade humana. São Paulo: Paulus, 2023.

SOHL-DICKSTEIN, Jascha et al. Deep unsupervised learning using nonequilibrium thermodynamics. In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON MACHINE LEARNING (ICML), 32., 2015, Lille. Proceedings [...]. Lille: PMLR, 2015. p. 2256-2265.

TEAM GEMINI et al. Gemini: a family of highly capable multimodal models. Technical Report. Google DeepMind, 2023.

VASWANI, Ashish et al. Attention is all you need. In: CONFERENCE ON NEURAL INFORMATION PROCESSING SYSTEMS (NeurIPS), 31., 2017, Long Beach. Anais [...]. Long Beach: Curran Associates, 2017. p. 5998-6008.

ZILBERMAN, Regina. A literatura infantil na escola. 11. ed. São Paulo: Global, 2003.

Desenvolvimento de uma estufa IoT para monitoramento remoto de hortaliças

Development of an IoT greenhouse for remote monitoring of vegetables

Lorena Jacob Prates Rodrigues¹

Murilo Spegiorin Salesse²

Amadeu Zanon Neto³

RESUMO

Este artigo apresenta o desenvolvimento de uma estufa automatizada baseada em Internet das Coisas (IoT) para monitoramento remoto de hortaliças. O sistema utiliza o microcontrolador ESP32 para controle integrado de sensores ambientais (temperatura, umidade do solo e luminosidade) e atuadores (bombas, iluminação artificial e ventilação), permitindo condições otimizadas para o cultivo em ambientes urbanos. A comunicação remota é viabilizada por meio da integração com uma API REST e um aplicativo móvel, possibilitando controle e monitoramento em tempo real, com armazenamento local de dados para uso offline.

Palavras-chave: Agricultura de precisão; Agricultura urbana; Estufa automatizada; IoT; Monitoramento remoto.

ABSTRACT

This article presents the development of an automated greenhouse based on the Internet of Things (IoT) for remote monitoring of vegetables. The system uses the ESP32 microcontroller for integrated control of environmental sensors (temperature, soil moisture, and light) and actuators (pumps, artificial lighting, and ventilation), allowing for optimized conditions for cultivation in urban environments. Remote communication is enabled through integration with a REST API and a mobile app, enabling real-time control and monitoring, with local data storage for offline use.

Keywords: Automated greenhouse; Internet of Things; Precision agriculture; Urban cultivation; Remote monitoring.

Introdução

As mudanças climáticas globais e o crescimento das áreas urbanas têm colocado em evidência a necessidade de soluções inovadoras para a produção de alimentos. Eventos extremos, como secas prolongadas e enchentes, impactam diretamente a agricultura convencional, comprometendo a segurança alimentar e elevando os preços de produtos básicos. Em grandes centros urbanos, a limitação de espaço físico e a

¹ Acadêmica do curso de Engenharia Civil do UniSALESIANO – Araçatuba/SP.

² Acadêmico do curso de Engenharia Civil do UniSALESIANO – Araçatuba/SP.

³ Professor Especialista nos cursos de Engenharia da Computação e Tecnologias do UniSALESIANO – Araçatuba/SP.

dependência de alimentos industrializados reforçam a busca por alternativas sustentáveis de produção em pequena escala.

Nesse contexto, o uso de sistemas de cultivo controlado, como estufas inteligentes, surge como uma solução viável para a produção de hortaliças em ambientes restritos. A Internet das Coisas (IoT) viabiliza a integração de sensores, atuadores e plataformas digitais, possibilitando o monitoramento e o controle de variáveis ambientais de forma automatizada e remota.

Neste artigo será apresentado o desenvolvimento do GreenVision Monitor, uma estufa IoT destinada ao cultivo de ervas aromáticas e hortaliças. O sistema abrangerá hardware dedicado ao monitoramento de variáveis ambientais, firmware embarcado para automação de irrigação, iluminação e ventilação, uma API para integração de dados e um aplicativo móvel para monitoramento remoto.

A primeira seção tratará dos materiais e métodos; na segunda, os resultados e discussão; por fim, serão apresentadas as conclusões.

Referencial Teórico

As mudanças climáticas decorrentes da atividade humana têm provocado alterações significativas nos padrões climáticos globais, intensificando a frequência e a severidade de eventos extremos, como secas prolongadas, enchentes, ondas de calor e tempestades. Esses fenômenos afetam diretamente os sistemas naturais e sociais, comprometendo a estabilidade dos ecossistemas e a capacidade de resposta das populações humanas. De acordo com o Painel Intergovernamental sobre Mudanças Climáticas (IPCC, 2023), tais alterações já geram impactos negativos expressivos na segurança alimentar e hídrica, na saúde pública, nas economias locais e globais, bem como na infraestrutura e nos meios de subsistência.

Esses efeitos são particularmente severos em comunidades vulneráveis, que frequentemente dispõem de menos recursos tecnológicos, financeiros e institucionais para se adaptar às transformações do clima. Paradoxalmente, essas populações são as que menos contribuíram historicamente para o aumento das emissões de gases de efeito estufa, mas figuram entre as mais prejudicadas pelas suas consequências. A desigualdade na distribuição dos impactos climáticos evidencia a necessidade de políticas públicas de mitigação e adaptação que considerem a justiça climática como princípio norteador, promovendo ações integradas entre ciência, tecnologia e sociedade (IPCC, 2023).

O cultivo protegido tem se difundido significativamente por proporcionar um ambiente controlado que permite enfrentar eventos climáticos adversos, garantindo produção durante todo o ano, maiores rendimentos e uso mais eficiente de recursos naturais e insumos agronômicos (D'AMICO et al., 2023). Em anos recentes, a atenção tem se voltado para as chamadas estufas de alta tecnologia, que surgiram em resposta à necessidade de aumentar o rendimento e o uso eficiente de recursos como água, fertilizantes e energia (D'AMICO et al., 2023).

Nesse contexto, a agricultura de precisão e o uso de tecnologias baseadas em Internet das Coisas surgem como alternativas viáveis para otimizar a produção agrícola e reduzir perdas causadas por variações climáticas.

Avanços em componentes de hardware de código aberto, como a plataforma Arduino, também possibilitam o desenvolvimento de soluções de medição e automação, como o monitoramento do potencial matricial da água no solo, a um custo significativamente mais baixo do que dispositivos industriais convencionais (PEREIRA et al., 2020).

A integração de sensores, atuadores e sistemas de controle automatizado permite o monitoramento em tempo real de variáveis como temperatura, umidade, luminosidade e irrigação, possibilitando a criação de ambientes controlados e mais resilientes. Assim, o desenvolvimento de uma estufa doméstica automática com monitoramento remoto representa uma aplicação prática desses conceitos, ao oferecer um sistema capaz de ajustar suas condições internas conforme as necessidades das plantas, promovendo o uso eficiente de recursos naturais como água e energia.

Apesar do potencial tecnológico, um desafio persistente para a difusão de estufas de alta tecnologia é o elevado custo do investimento inicial para construção e operação e a dificuldade em obter conhecimento especializado e suporte técnico para a gestão dos sistemas de controle e software (D'AMICO et al., 2023). Além de contribuir para a sustentabilidade e a segurança alimentar em pequena escala, esse tipo de sistema, baseado em soluções acessíveis, possibilita a democratização do acesso à tecnologia agrícola, permitindo que pequenos produtores e até usuários domésticos participem de práticas mais sustentáveis e inteligentes. Dessa forma, a automação agrícola e o monitoramento remoto não apenas mitigam os efeitos das mudanças climáticas sobre a produção de alimentos, mas também fortalecem a capacidade adaptativa das comunidades frente aos desafios ambientais atuais

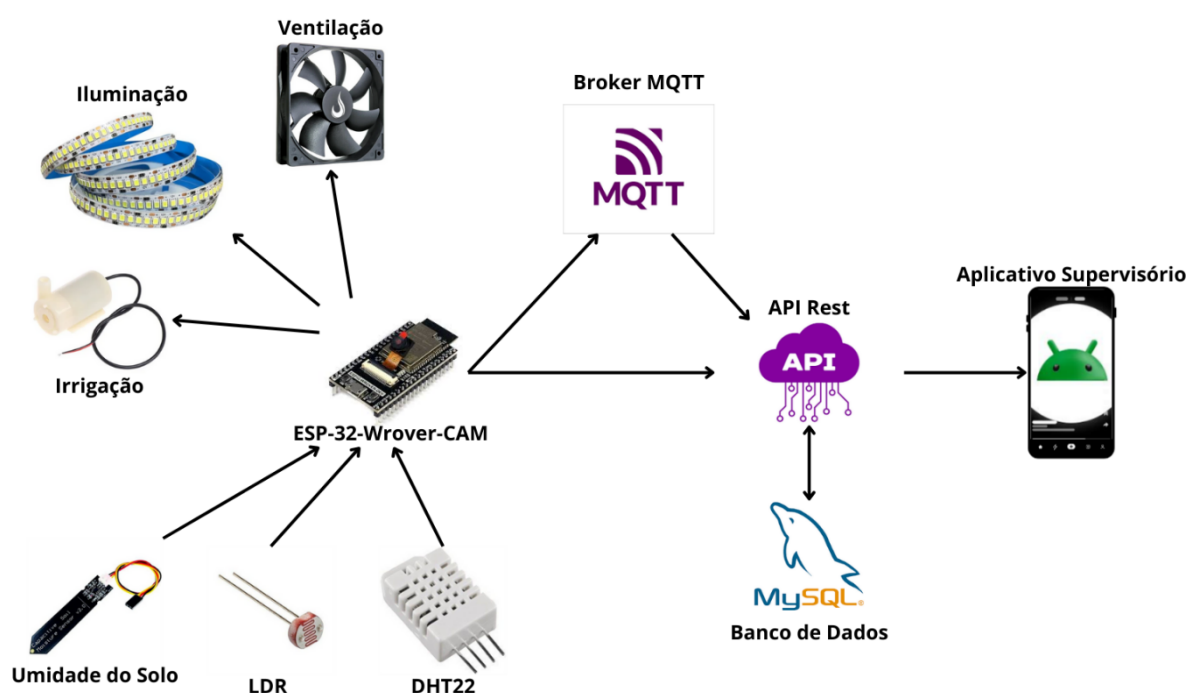
Metodologia

Arquitetura do Sistema

O sistema foi dividido em três camadas:

- Camada embarcada:** composta pelo ESP32-Wrover-CAM, responsável por leituras ambientais, acionamento de atuadores e captura de imagens.
- Camada de integração:** constituída por broker MQTT (Eclipse Mosquitto) e uma API em Python (Flask e FastAPI), que recebe os dados do microcontrolador e os organiza em banco de dados MySQL.
- Camada de aplicação:** formada pelo aplicativo Android GreenVision Monitor, que apresenta gráficos, relatórios e imagens ao usuário final.

Figura 1- Esquematização do Projeto.



Fonte: Autores.

Hardware

Para a definição dos componentes a serem aplicados no projeto foram realizadas pesquisas a respeito de microcontroladores que poderiam atender adequadamente aos requisitos do sistema de forma prática e que possuam tecnologias como conexão à internet e possibilidade de uso de câmeras, com isso foram encontradas algumas opções como Arduino, Raspberry PI e as ESPs.

A análise levou em consideração as características específicas de cada componente, como a dificuldade de implementação física dos PICs, que precisam de placas de circuito impresso minuciosamente modeladas e que poderiam facilmente apresentar problemas e causar retrabalho, além da inexistência de ferramentas que facilitem a comunicação com a parte de software como suporte a Wi-Fi ou Bluetooth.

Quanto ao Arduino, estes apresentam melhor desempenho e capacidade de processamento em comparação aos PICs e são amplamente utilizados em testes e projetos relacionados a IoT, porém não é normalmente utilizado em versões finais e mais avançadas de circuitos projetados para uso pelo consumidor, portanto deve ser substituído por versões independentes que possuam funcionalidades mais adaptadas ao projeto em questão.

E finalmente em relação ao Raspberry PI, um componente que dispõe de capacidade de processamento superior às opções anteriores, grande número de portas GPIO para integração dos demais componentes e sensores do projeto, além de diversas tecnologias integradas que facilitam o desenvolvimento e aplicação de forma geral, porém sua desvantagem se encontra no quesito financeiro uma vez que seu custo é maior que as demais opções. A disponibilidade dos recursos deste componente seria sobressalente às necessidades do projeto, além de possuir OS (Sistema Operacional) próprio que os integrantes do grupo não possuem experiência.

Mediante os fatores que condicionaram à aplicação das ESPs, pode-se pontuar a facilidade de integração do sensoramento devido a presença de várias portas GPIO do microcontrolador, experiência prévia dos integrantes do grupo quanto à linguagem de programação utilizada e capacidade de processamento suficiente disponível a menores custos em comparação aos demais componentes analisados.

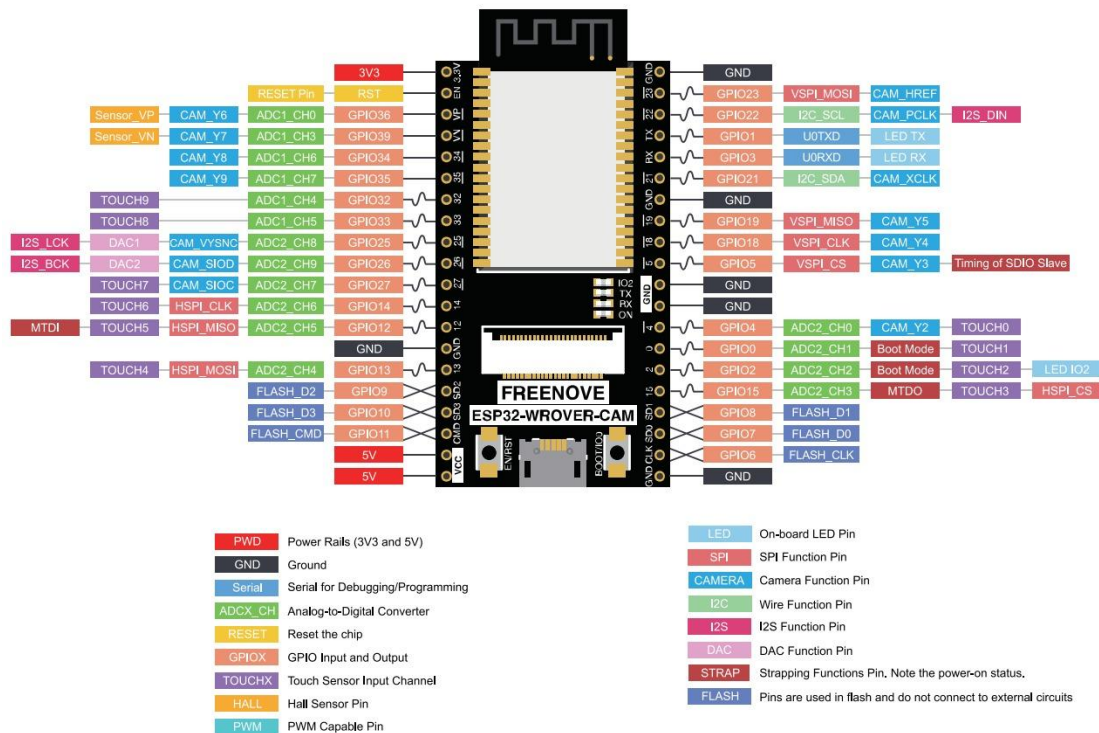
Tabela 1 - Comparação dos microcontroladores.

Microcontrolador	Processador	Memória RAM	Conexões	Portas	Clock	Custo (R\$)
PIC	16F690	256 Bytes	Serial, I2C, SPI	Digitais: 18 Analógicas: 12	8MHz	28,60
Arduino Uno R3	ATmega328	32KB	Serial, I2C, SPI	Digital: 14 Analógica: 6	16MHz	89,98
Raspberry PI Zero 2 W	Cortex-A53	512MB	Wi-Fi, Bluetooth, Serial	GPIO: 40	1GHz	229,90
ESP32-CAM	Xtensa LX6	520KB	Wi-Fi, Bluetooth, Serial	GPIO: 9	160MHz	58,80
ESP32-Wrover-Dev	Xtensa LX6	520KB	Serial, I2C, SPI, Wi-Fi, Bluetooth	GPIO: 24	240MHz	85,60

Fonte: Autores.

Neste projeto foi inicialmente considerada a utilização do módulo ESP32-CAM, em razão do seu baixo custo e integração com câmera, porém a limitação no número de portas disponíveis restringiu a conexão de sensores e atuadores adicionais. Assim, optou-se pelo ESP32-Wrover Kit, também da Espressif, que mantém compatibilidade com o mesmo módulo de câmera (OV2640 2MP) e oferece maior número de GPIOs, além de suporte integrado a Wi-Fi, possibilitando a comunicação com sistemas de software hospedados externamente.

Figura 2 - Esquema ESP32-Wrover-Kit.



Fonte: randomnerdtutorials.com

Para completar o projeto de estufa automatizada, além do microcontrolador ESP32, serão utilizados diversos periféricos que desempenham papéis cruciais na automação e monitoramento das condições ambientais. Esses componentes são essenciais para garantir que as plantas recebam as condições ideais para o crescimento, tornando o sistema eficiente e sustentável.

Minibomba D'Água Submersa - Uma bomba de pequeno porte, alimentada por 5VDC, responsável por transportar a água do reservatório até a superfície de plantio, garantindo a irrigação do solo e das raízes.

Fotoresistor LDR - O LDR é um componente eletrônico passivo do tipo resistor variável, cuja resistência diminui à medida que a intensidade da luz incidente aumenta.

A resistência do LDR diminui proporcionalmente à quantidade de luz recebida, portanto é utilizado para detectar a luminosidade do ambiente e determinar a necessidade de ativação da luz artificial.

Sensor de Umidade e Temperatura DHT22 - O sensor DHT22 mede simultaneamente a temperatura e a umidade relativa do ar. Amplamente utilizado em projetos de IoT devido à sua precisão e baixo custo, ele desempenha um papel crucial na monitoração das condições climáticas dentro da estufa. Os dados fornecidos são essenciais para manter um ambiente saudável para as plantas, ajustando parâmetros como ventilação e irrigação conforme necessário.

Higrômetro Capacitivo - O higrômetro é um sensor que mede a umidade do solo. Ele é essencial para evitar a super ou sub-irrigação das plantas, garantindo que elas recebam a quantidade ideal de água. Sua função é controlar a irrigação com base na umidade do solo, otimizando o uso de água e promovendo o crescimento saudável das plantas. Isso ajuda a prevenir doenças causadas por excesso ou falta de água.

Fita de LED Branca - Fornece uma fonte de luz artificial que pode ser ajustada para atender às necessidades específicas das plantas. Sua função é simular a luz solar, garantindo que as plantas recebam a quantidade necessária de luz para a fotossíntese, mesmo em ambientes internos. Isso é crucial para o desenvolvimento das plantas, especialmente em locais com pouca luz natural.

Para atender a essa necessidade de iluminação, foi utilizada uma fita de LED branca de alta densidade, com 240 LEDs por metro. Ela possui coloração branco-frio, com temperatura de cor de 6000K, e potência de 48W por metro, proporcionando intensidade luminosa adequada para estimular o crescimento saudável das plantas dentro da estufa.

Ventoinhas - As ventoinhas são utilizadas para realizar a troca de ar dentro da estufa. Elas ajudam a manter um ambiente saudável, prevenindo o acúmulo de gases nocivos e garantindo a circulação de ar fresco. Sua função é manter um ambiente arejado dentro da estufa, promovendo o crescimento saudável das plantas e prevenindo doenças causadas por ambientes mal ventilados.

Para atender a essa necessidade de ventilação, foram instaladas duas ventoinhas de 120 mm, comumente utilizadas em equipamentos de computação, posicionadas de modo a criar uma corrente de ar que percorre todo o interior da estufa, assegurando a

renovação constante do ar, a eliminação do excesso de umidade e maior eficiência energética no processo de ventilação.

Software

Arduino IDE

Foi utilizada para a programação do firmware responsável pela etapa microcontrolada do projeto, que abrange desde a coleta de dados e imagens até o processamento, controle de atuadores e envio dessas informações para o sistema de monitoramento remoto.

Aplicativo supervisorio

O aplicativo móvel desenvolvido no âmbito do projeto tem como função principal permitir o monitoramento remoto da estufa e oferecer ao usuário uma interface intuitiva para acompanhar as variáveis ambientais e imagens coletadas pelo sistema embarcado. O sistema foi denominado GreenVision Monitor e foi implementado de forma nativa para dispositivos Android, utilizando a linguagem Java em conjunto com a IDE Android Studio.

O sistema apresenta, na tela inicial, uma listagem das imagens capturadas pela câmera da estufa, permitindo o registro visual remoto do cultivo. A tela de leituras exibe os valores mais recentes de temperatura, umidade do solo, umidade relativa do ar e luminosidade, acompanhados por uma imagem atualizada do ambiente. A tela de Dashboards contém gráficos dinâmicos que representam a variação temporal das variáveis ambientais, com filtros de período de 24 horas, 7 dias e 30 dias.

Firmware

O sistema embarcado da estufa realiza o monitoramento contínuo de variáveis ambientais por meio de sensores que medem umidade do solo, luminosidade e condições climáticas internas, como temperatura e umidade do ar. Esses dados são utilizados para acionar automaticamente dispositivos como irrigação, iluminação suplementar e ventilação, garantindo que as plantas recebam os cuidados necessários para um desenvolvimento saudável sem a necessidade de intervenção manual.

Estrutura

Foi concebida uma estrutura retangular composta por dois compartimentos funcionais. A seção inferior abriga o recipiente de cultivo, sensores de umidade do solo e atuadores responsáveis pela irrigação automatizada. A seção superior, revestida com

material isolante, tem como finalidade a manutenção das condições microclimáticas internas, sendo equipada com ventoinhas para ventilação e exaustão, além de permitir o acesso físico ao cultivo para fins de colheita e manutenção.

Para a composição estrutural, adotou-se o uso de madeira, especificamente o compensado naval, devido às suas propriedades físico-químicas favoráveis. Este material é obtido pela sobreposição de lâminas de madeira coladas em sentidos alternados com resina impermeável, conferindo elevada resistência à umidade e estabilidade dimensional. Tais características tornam o compensado naval adequado para ambientes sujeitos a variações térmicas e exposição à água, assegurando durabilidade e confiabilidade ao sistema.

Figura 3 - Estrutura física.



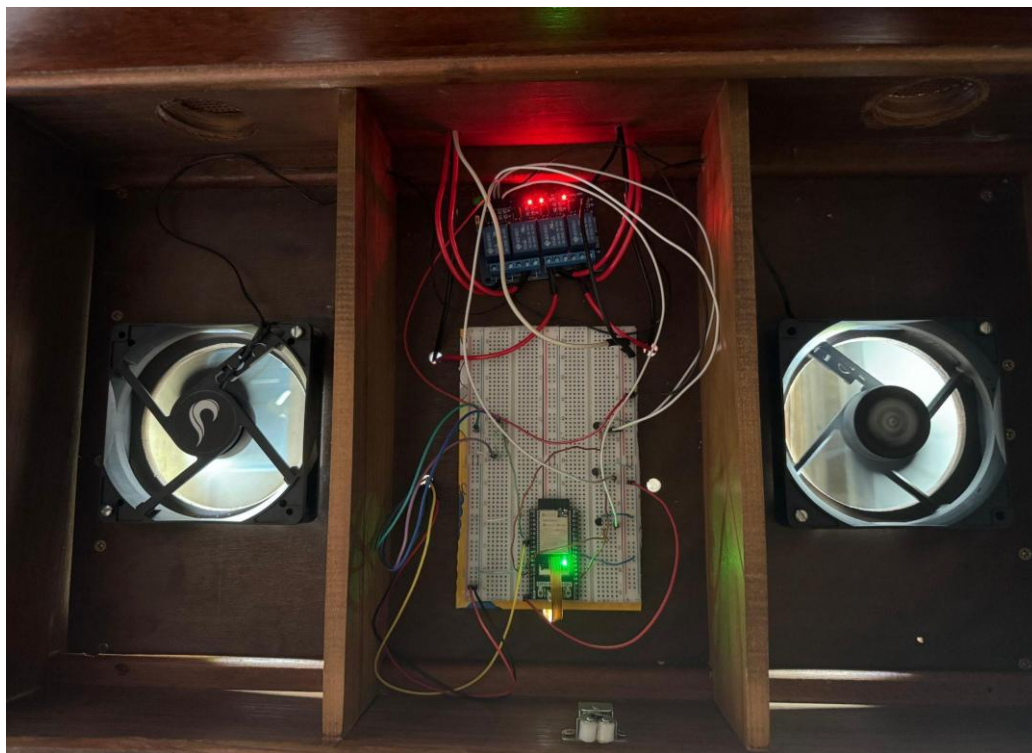
Fonte: Autores

As laterais da estrutura foram confeccionadas com vidro de 3 mm de espessura, selecionado por sua resistência mecânica e elevada transmitância luminosa. Essa escolha contribui para a eficiência energética do sistema, ao reduzir a necessidade de iluminação artificial, complementada por faixas de LED estrategicamente posicionadas.

A circulação de ar no interior da estufa é promovida por duas ventoinhas de 120 mm de diâmetro, similares às utilizadas em sistemas de refrigeração de equipamentos eletrônicos. Instaladas na parte superior do compartimento interno e operando em sentidos opostos, essas ventoinhas geram uma corrente de ar forçada capaz de alterar

rapidamente as condições térmicas e atmosféricas internas, favorecendo a estabilidade operacional do ambiente de cultivo.

Figura 4 - Compartimento de Controle e Ventilação.



Fonte: Autores

Cultivo

A seleção das espécies vegetais para cultivo em sistemas agrícolas compactos e projetos de horticultura urbana requer análise criteriosa de parâmetros agronômicos e ambientais que impactam diretamente o desempenho das culturas. Entre os critérios técnicos considerados destacam-se a sensibilidade às condições climáticas, a demanda por espaço físico e os níveis ideais de umidade para o desenvolvimento adequado das plantas.

Em consonância com o conceito de produção em ambientes restritos, foram avaliadas espécies pertencentes ao grupo das ervas aromáticas e especiarias, reconhecidas por sua adaptabilidade e baixa exigência de manejo. As espécies analisadas incluíram orégano (*Origanum vulgare*), coentro (*Coriandrum sativum*), tomilho (*Thymus vulgaris*), alecrim (*Rosmarinus officinalis*) e hortelã (*Mentha* sp.).

O orégano apresentou elevada resistência térmica, sendo capaz de tolerar variações prolongadas de temperatura, embora possua um ciclo de desenvolvimento mais extenso. O coentro, por sua vez, destacou-se pelo ciclo vegetativo curto, favorável a

cultivos rápidos, mas demonstrou sensibilidade à escassez hídrica e à baixa luminosidade, especialmente durante a germinação. A hortelã revelou potencial de expansão vegetativa significativo, exigindo maior área de cultivo, o que pode representar uma limitação em sistemas com espaço reduzido. O tomilho e o alecrim apresentaram características similares, com preferência por ambientes secos e bem iluminados, além de ciclos de germinação e desenvolvimento mais longos, demandando planejamento específico.

Considerando os fatores agronômicos e as restrições espaciais do sistema proposto, as espécies selecionadas para cultivo no projeto foram o coentro e o orégano, por apresentarem maior compatibilidade com as condições operacionais e os objetivos da estrutura desenvolvida.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Durante os testes, o aplicativo móvel apresentou desempenho estável e confiável no acompanhamento remoto da estufa automatizada. As funcionalidades implementadas possibilitaram ao usuário consultar em tempo real as leituras de temperatura, umidade e luminosidade, além de registros visuais do cultivo, favorecendo a análise integrada das condições ambientais.

Os resultados evidenciam a eficiência dos mecanismos de coleta e tratamento de dados, que garantiram consistência e reduziram redundâncias ao manter apenas registros válidos no banco de dados. O sistema demonstrou ainda boa tolerância a falhas de conectividade, recorrendo ao banco local SQLite para exibir as últimas medições disponíveis quando a conexão era interrompida, assegurando a continuidade no monitoramento.

Em relação ao comportamento dos sensores, as medições indicaram estabilidade térmica, com temperatura interna próxima de 31 °C, graças ao acionamento automático das ventoinhas quando detectado aquecimento pelo sistema de iluminação. A luminosidade média de aproximadamente 3.200 lumens, distribuída ao redor da estufa, manteve-se adequada às fases de crescimento do coentro e do orégano. A bomba de irrigação foi usada poucas vezes durante o experimento, demonstrando que o controle de umidade foi eficiente e que o substrato permanece úmido por períodos prolongados.

No cultivo experimental, observou-se desempenho significativamente superior das plantas cultivadas dentro da estufa em comparação às mantidas em ambiente externo. O coentro germinou em cerca de uma semana, enquanto o plantio convencional levou

aproximadamente três semanas para atingir o mesmo estágio de brotamento. Já o orégano apresentou germinação semelhante (entre 3 e 4 dias) tanto dentro quanto fora da estufa, mas apenas o cultivo interno permaneceu vigoroso e em desenvolvimento contínuo, enquanto as mudas externas cessaram o crescimento e morreram após cerca de uma semana.

Figura 5 - Mudas de coentro e orégano no momento do plantio.



Fonte: Autores

Figura 6 - Desenvolvimento das mudas de coentro e orégano três semanas após o plantio, cultivadas dentro da estufa.



Fonte: Autores

Esses resultados demonstram que a automação proporcionou melhores condições ambientais de temperatura, luminosidade e umidade, resultando em crescimento mais rápido e saudável das plantas. A integração entre sensores, atuadores e o aplicativo móvel confirmou a robustez e a aplicabilidade prática do sistema em contextos residenciais de agricultura indoor.

CONCLUSÃO

Os resultados obtidos com o protótipo de monitoramento e controle de cultivo indoor confirmam a viabilidade do sistema proposto para o acompanhamento automatizado de plantas em ambientes residenciais. O cultivo experimental evidenciou ganhos expressivos na taxa de crescimento, com o coentro apresentando germinação cerca de duas vezes mais rápida que o cultivo convencional e o orégano mantendo-se saudável durante todo o período de observação.

Durante os testes, a umidade foi mantida dentro dos valores recomendados na literatura e nas especificações do fornecedor das sementes, contribuindo para o bom desenvolvimento das mudas. A luminosidade artificial mostrou-se suficiente para as fases pós-brotamento, e a temperatura controlada pelas ventoinhas manteve-se dentro da faixa ideal para ambas as espécies. As leituras obtidas via aplicativo evidenciaram a influência direta da iluminação sobre o aquecimento interno, com estabilização térmica quando o sistema de ventilação era ativado.

De modo geral, o sistema apresentou desempenho consistente e confiável, tanto na estabilidade dos parâmetros ambientais quanto na operação dos atuadores e da interface móvel. Assim, o projeto demonstra forte potencial de aplicação prática em cultivos residenciais, contribuindo para a difusão de tecnologias acessíveis de agricultura urbana e de precisão, voltadas à sustentabilidade e ao uso racional de recursos.

REFERÊNCIAS

- AI-THINKER. **ESP32-CAM Wi-Fi+BT SoC Module V1.0 ESP32-CAM Module Overview**. Disponível em: <<https://d229kd5ey79jzj.cloudfront.net/1205/ESP32-CAM%20Product%20Specification.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2025.
- AOSONG. **Temperature and humidity module AM2302 Product Manual**. Disponível em: <<https://www.makerhero.com/img/files/download/DHT22-AM2302-Datasheet.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2025.

D'AMICO, A. et al. Environmental analysis of soilless tomato production in a high-tech greenhouse. **Cleaner Environmental Systems**, v. 11, n. 100137, p. 100137, 1 dez. 2023.

ESPRESSIF SYSTEMS. **ESP32-WROVER-E & ESP32-WROVER-IE Datasheet Version 2.2**. Disponível em: <https://documentation.espressif.com/esp32-wrover-e_esp32-wrover-ie_datasheet_en.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

IPCC. **Synthesis report of the IPCC Sixth Assessment Report (AR6) Summary for Policymakers**. Intergovernmental Panel on Climate Change, 2023. Disponível em: <https://www.ipcc.ch/report/ar6/syr/downloads/report/IPCC_AR6_SYR_SPM.pdf>. Acesso em: 5 out. 2025.

PEREIRA, R. et al. Automation of irrigation by electronic tensiometry based on the arduino hardware platform. **Revista Ambiente & Água**, v. 15, n. 4, p. 1–1, 28 jul. 2020.

RASPBERRY PI LTD. **Raspberry Pi Zero 2 W**. Disponível em: <<https://datasheets.raspberrypi.com/rpizero2/raspberry-pi-zero-2-w-product-brief.pdf>>. Acesso em: 5 out. 2025.

Desenvolvimento de uma Rede Neural para predição de deficiências nutricionais em crianças e recomendação alimentar em aplicativo android

Development of a Neural Network for Predicting Nutritional Deficiencies in Children and Providing Dietary Recommendations in an Android Application

Leonardo Travasso Stringheta¹

Renan Assis Trevelim²

Prof. Me. James Clauton da Silva³

Prof. Ma. Juliana Sedlacek Bassani⁴

RESUMO

A nutrição infantil desempenha papel essencial no crescimento e no desenvolvimento cognitivo, e sua negligência pode resultar em carências com impacto direto na saúde. Este estudo propõe o desenvolvimento de uma rede neural voltada à predição de carências nutricionais em crianças, com base na análise da dieta semanal. O sistema identifica possíveis carências e fornece recomendações de alimentos que auxiliam na sua correção, promovendo uma alimentação mais equilibrada. Para ampliar a acessibilidade, a solução foi integrada a um aplicativo Android de fácil utilização, no qual os responsáveis podem registrar os hábitos alimentares da criança e receber, diretamente no dispositivo, informações sobre possíveis carências nutricionais e recomendações. A proposta alia inteligência artificial e saúde pública, oferecendo uma ferramenta acessível e de apoio à nutrição infantil, especialmente útil em contextos com acesso limitado a profissionais especializados.

Palavras-chave: Aplicativo Android; Carências Nutricionais; Inteligência artificial; Nutrição infantil; Rede neural

ABSTRACT

Child nutrition plays an essential role in growth and cognitive development, and its neglect may result in nutritional shortcomings with direct health impacts. This study presents the development of a neural network designed to predict nutritional shortcomings in children based on weekly dietary analysis. The system identifies possible shortcomings and provides food recommendations to help correct them, promoting a more balanced diet. To improve accessibility, the solution was integrated into an easy-to-use Android application, allowing caregivers to record the child's eating habits and receive, directly on the device, information about possible nutritional shortcomings and recommendations. The proposal combines artificial intelligence and public health, offering an accessible tool to support child nutrition, especially useful in contexts with limited access to specialized professionals.

Keywords: Android application; Artificial intelligence; Child nutrition; Neural network; Nutritional shortcomings

¹ Acadêmico de Engenharia da Computação do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

² Acadêmico de Engenharia da Computação do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

³ Professor Mestre do curso de Engenharia da Computação do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

⁴ Professora Mestra do curso de Nutrição do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

Introdução

A alimentação adequada na infância constitui um dos principais fatores para o desenvolvimento saudável, abrangendo aspectos físicos, cognitivos e emocionais. No entanto, em contextos de vulnerabilidade social, especialmente no Brasil, persistem desafios relacionados à má nutrição infantil. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2024), em 2022, mais de 149 milhões de crianças menores de cinco anos apresentavam atraso no crescimento em decorrência da desnutrição. Dados do relatório conjunto da UNICEF, WHO e World Bank (2023) confirmam que a prevalência de atraso no crescimento (*stunting*) permanece significativa no país, refletindo desigualdades sociais e dificuldades de acesso a uma alimentação de qualidade.

A faixa etária de 4 a 8 anos é particularmente crítica, pois corresponde a um período de intenso desenvolvimento físico e mental, no qual deficiências nutricionais podem causar impactos duradouros. Nesse sentido, diretrizes internacionais, como as Dietary Reference Intakes (DRIs), elaboradas pelo *Food and Nutrition Board* do *Institute of Medicine*, destacam que “a nutrição adequada durante a infância é essencial para apoiar o crescimento normal e o desenvolvimento cognitivo” (UNITED STATES. Institute of Medicine, 2006, p. 45).

Diante desse cenário, este estudo propõe o desenvolvimento de uma rede neural artificial voltada à predição de deficiências nutricionais em crianças de 4 a 8 anos, a partir da análise da dieta semanal. O sistema foi integrado a um aplicativo Android de uso intuitivo, permitindo que os responsáveis registrem os hábitos alimentares e recebam informações sobre possíveis deficiências nutricionais e recomendações alimentares. Ressalta-se que o aplicativo não substitui a atuação de profissionais especializados, mas constitui uma ferramenta de apoio para ampliar o acesso a orientações nutricionais, especialmente em regiões de difícil acesso a acompanhamento profissional.

Objetivos

O presente estudo tem como objetivo geral desenvolver um sistema inteligente, baseado em uma rede neural artificial do tipo MLP (Multilayer Perceptron), usando o algoritmo backpropagation, integrada a um aplicativo Android, capaz de prever possíveis deficiências nutricionais em crianças de 4 a 8 anos, a partir da análise da dieta semanal. A proposta busca unir tecnologia e saúde pública, oferecendo uma ferramenta acessível que

auxilie na identificação precoce de carências nutricionais e contribua para a promoção da alimentação saudável e do desenvolvimento infantil.

Como objetivos específicos, destacam-se:

- Coletar, organizar e estruturar dados nutricionais simulados de acordo com diretrizes internacionais (OMS, UNICEF/WHO/World Bank, DRIs);
- Desenvolver e treinar a rede neural MLP com backpropagation utilizando técnicas de otimização e validação para identificar padrões alimentares associados a deficiências nutricionais;
- Integrar o modelo ao aplicativo Android, viabilizando sua execução em dispositivos móveis por meio do TensorFlow Lite, mesmo em cenários com conectividade limitada;
- Disponibilizar uma interface simples e intuitiva, permitindo o registro da dieta semanal e a obtenção de informações sobre possíveis deficiências nutricionais acompanhadas de recomendações alimentares;
- Validar o sistema quanto à acurácia preditiva, tempo de resposta e coerência das recomendações fornecidas.

Desenvolvimento

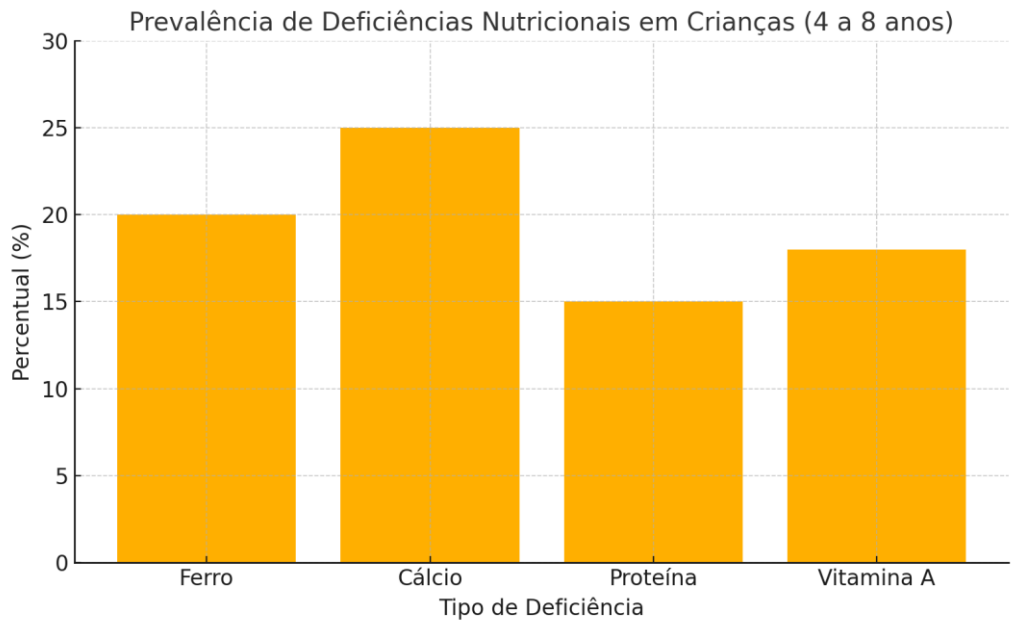
Coleta e preparação dos dados

A construção da base de dados utilizada neste estudo teve como foco a representação dos padrões alimentares semanais de crianças entre 4 e 8 anos de idade, faixa etária crítica para o crescimento físico e desenvolvimento cognitivo. Para isso, foram consideradas referências internacionais consolidadas, como a Organização Mundial da Saúde (OMS), o relatório conjunto UNICEF/WHO/World Bank e os Dietary Reference Intakes (DRIs), que definem valores de ingestão diária recomendada de nutrientes para a população infantil.

Com base nessas diretrizes, foram elaborados registros alimentares simulados, contemplando as principais refeições do dia (café da manhã, almoço, jantar e lanches intermediários). Cada entrada incluiu informações sobre tipos de alimentos consumidos, porções, frequência semanal e nutrientes-chave, tais como proteínas, ferro, cálcio e vitaminas. Esses componentes foram selecionados por sua relevância na prevenção de deficiências nutricionais comuns nessa faixa etária, como anemia ferropriva, hipocalcemia e carências vitamínicas.

A variável de saída foi definida como classe nutricional associada ao risco de deficiência. Esta categorização foi estabelecida a partir da comparação entre os valores de ingestão simulados e as faixas recomendadas pelas diretrizes consultadas, permitindo identificar situações de equilíbrio nutricional ou de déficit específico em cada amostra. Dessa forma, a base final permitiu representar, de maneira organizada, tanto os hábitos alimentares quanto suas possíveis implicações em termos de saúde.

Figura 1 – Dados Nutricionais de Crianças.



Fonte: Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde (PNDS, 2022)

Preparação dos dados

Antes da submissão ao modelo, os dados passaram por um rigoroso pré-processamento com o objetivo de padronizar os valores e estruturá-los de maneira adequada ao aprendizado de máquina. Todas as variáveis numéricas foram normalizadas por meio da técnica Min-Max Scaling, implementada manualmente com auxílio da biblioteca NumPy. Esse procedimento reescalou os atributos para uma faixa uniforme entre 0 e 1, preservando as proporções originais e evitando distorções causadas por diferenças de magnitude. A normalização mostrou-se essencial para prevenir a saturação das funções de ativação — como a tangente hiperbólica (*tanh*) — e acelerar a convergência do treinamento.

A variável de saída “Deficiência”, de natureza categórica, foi convertida para o formato numérico binário por meio da técnica One-Hot Encoding, utilizando a biblioteca

scikit-learn. Esse procedimento gera representações exclusivas em vetores compostos por 0 e 1, permitindo que a rede trate o problema como classificação multiclasse supervisionada. Assim, por exemplo, uma amostra com deficiência de ferro é representada como [1, 0, 0], enquanto outra com deficiência de cálcio é representada como [0, 1, 0]. Após o pré-processamento, as variáveis foram consolidadas em uma única matriz de entrada (X) por meio da função `np.hstack` da biblioteca NumPy, que concatena os arrays de forma horizontal. Em seguida, adicionou-se uma coluna constante de valor 1, representando o bias, elemento essencial para ampliar a flexibilidade do modelo, permitindo que os neurônios ajustem de forma mais precisa seus limiares de ativação.

Por fim, as matrizes de entrada (X) e saída (y) foram divididas em dois subconjuntos com a função `train_test_split`, sendo 70% destinados ao treinamento e 30% ao teste, com o parâmetro `random_state = 42` para garantir reprodutibilidade. Essa divisão assegura a validação da capacidade de generalização do modelo, permitindo uma avaliação precisa de seu desempenho em dados inéditos.

Dessa forma, a preparação dos dados não apenas estruturou o conjunto de entrada e saída de maneira adequada ao modelo MLP, como também garantiu consistência estatística e validade nutricional, atendendo simultaneamente aos requisitos técnicos do aprendizado de máquina e aos parâmetros clínicos definidos com o apoio da orientação especializada.

Arquitetura da Rede Neural

A rede neural desenvolvida neste projeto segue a estrutura clássica de um Perceptron Multicamadas (MLP – Multilayer Perceptron), composta por uma camada de entrada, duas camadas ocultas e uma camada de saída, organizadas de forma sequencial e totalmente conectadas. Essa configuração foi escolhida por sua robustez em tarefas de classificação com dados estruturados, como os utilizados neste sistema, além de oferecer baixo custo computacional e boa capacidade de generalização, características ideais para aplicações embarcadas em dispositivos móveis.

A camada de entrada recebe os dados nutricionais previamente normalizados, correspondentes às variáveis quantitativas relacionadas à alimentação semanal da criança, como ingestão de proteínas, ferro e cálcio. Essas entradas são repassadas à primeira camada oculta, composta por 128 neurônios, responsável por iniciar o processo de extração de padrões e relações entre os atributos.

A segunda camada oculta contém 64 neurônios, operando como um segundo nível de abstração, no qual as representações internas se tornam progressivamente mais refinadas e compactas. A redução gradual no número de neurônios entre as camadas foi adotada para minimizar o risco de sobreajuste (overfitting), além de otimizar a eficiência computacional da rede.

Ambas as camadas ocultas utilizam como função de ativação a tangente hiperbólica (tanh), que mapeia as saídas para um intervalo contínuo entre -1 e 1. Essa função é simétrica em torno da origem, ajuda a manter os gradientes centralizados e possui derivada contínua, propriedades que favorecem o algoritmo de retropropagação. Além disso, por ser uma função não linear, possibilita que a rede aprenda relações complexas entre os dados nutricionais de entrada e as deficiências previstas.

A camada de saída é composta por nove neurônios, cada um representando uma das classes possíveis da variável “Deficiência”: Vitamina C, Vitamina A, Vitamina D, Cálcio, Ferro, Iodo, Zinco, Proteínas e Nenhuma deficiência. Essa camada utiliza a função de ativação Softmax, apropriada para problemas de classificação multiclasse. A Softmax converte as saídas brutas em probabilidades normalizadas, permitindo que o modelo atribua um grau de confiança a cada classe. O maior valor obtido indica a classe predita, garantindo interpretação clara dos resultados e facilitando o cálculo do gradiente durante o treinamento.

A escolha por duas camadas ocultas — em vez de apenas uma — foi fundamentada no objetivo de aumentar a profundidade da rede sem comprometer o desempenho. Essa profundidade moderada mostrou-se ideal para o tamanho do conjunto de dados utilizado, permitindo que o modelo aprendesse representações intermediárias entre entradas e saídas e, ao mesmo tempo, viabilizando a execução eficiente mesmo em ambientes com restrição de memória e processamento, como dispositivos Android.

Algoritmo de Treinamento – Backpropagation

O treinamento da rede neural foi realizado com o algoritmo Backpropagation, amplamente adotado em modelos MLP pela eficiência em ajustar pesos sinápticos e reduzir o erro entre saídas previstas e reais. O processo iniciou-se com a inicialização aleatória dos pesos (W_1 , W_2 e W_3) no intervalo $[-1, 1]$, evitando simetrias e favorecendo a diversidade no aprendizado.

Na propagação direta, os dados de entrada foram processados pelas camadas ocultas com a função de ativação *tanh*, que garante estabilidade numérica e gradientes centrados em zero. A camada de saída utilizou a função *Softmax*, gerando probabilidades normalizadas para as nove classes de deficiência nutricional.

O erro preditivo foi obtido pela diferença entre a saída esperada (One-Hot) e a calculada. Na fase de retropropagação, os gradientes foram determinados pela regra da cadeia e utilizados na atualização dos pesos via gradiente descendente, considerando taxa de aprendizado $\alpha = 0,005$.

Para aumentar a generalização do modelo, foram aplicadas duas técnicas:

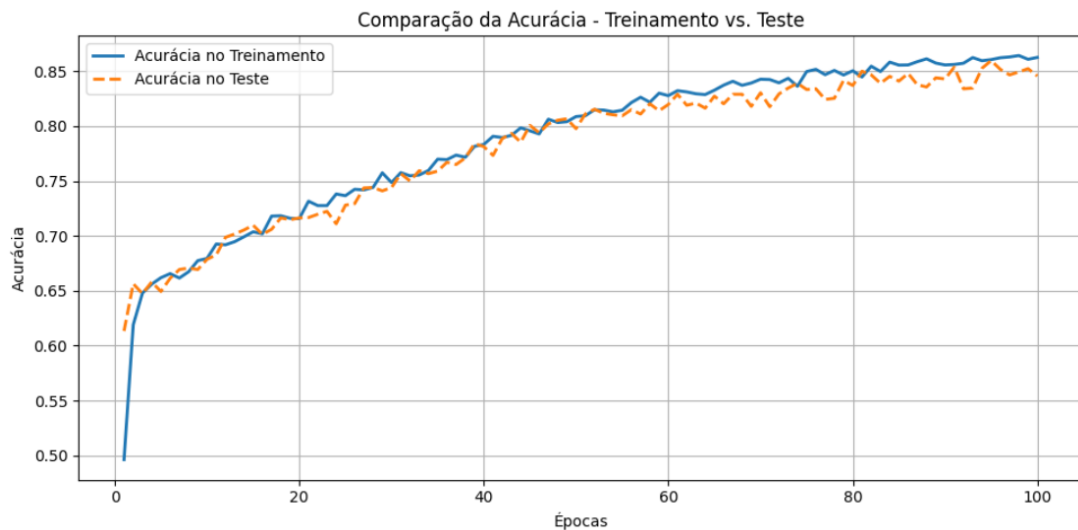
- Dropout (20%), que desativa neurônios aleatoriamente em cada iteração, evitando dependência excessiva de conexões específicas.
- Regularização L2 ($\lambda = 0,0005$), que adiciona uma penalidade à magnitude dos pesos, prevenindo sobreajuste e incentivando um modelo mais simples e robusto.

Esse ciclo — propagação direta, cálculo do erro, retropropagação e atualização — foi repetido para cada instância do conjunto de treino, permitindo à rede aprimorar progressivamente sua capacidade de prever deficiências nutricionais a partir dos dados alimentares.

Avaliação e Resultados do Modelo

O treinamento da rede neural demonstrou resultados consistentes e estáveis em diferentes cenários. Após 100 épocas, a acurácia superou 84% no conjunto de treino e apresentou valores semelhantes no teste, indicando aprendizado eficaz sem sinais relevantes de sobreajuste. As curvas de desempenho mostraram estabilidade e equilíbrio entre treinamento e generalização (Figura 2)

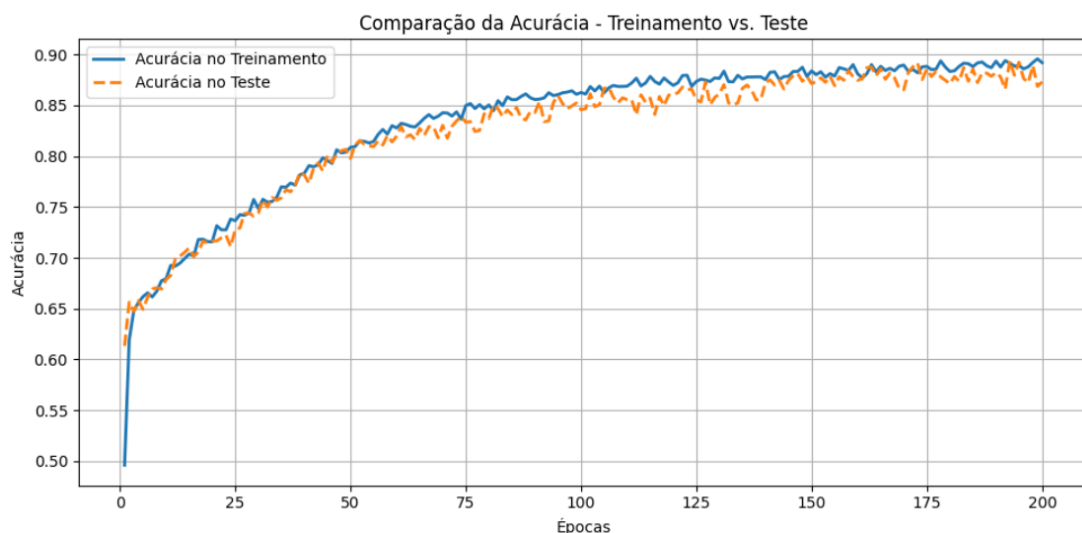
Figura 2 –Resultado 100 épocas.



Fonte: Autores

Ao ampliar para 200 épocas, a acurácia de treino se estabilizou próxima de 90%, enquanto o teste alcançou 87%. As curvas de ambos os conjuntos mantiveram proximidade, revelando maturidade no modelo e robustez nas predições, sem comprometer a capacidade de generalização.

Figura 3 –Resultado 200 épocas.

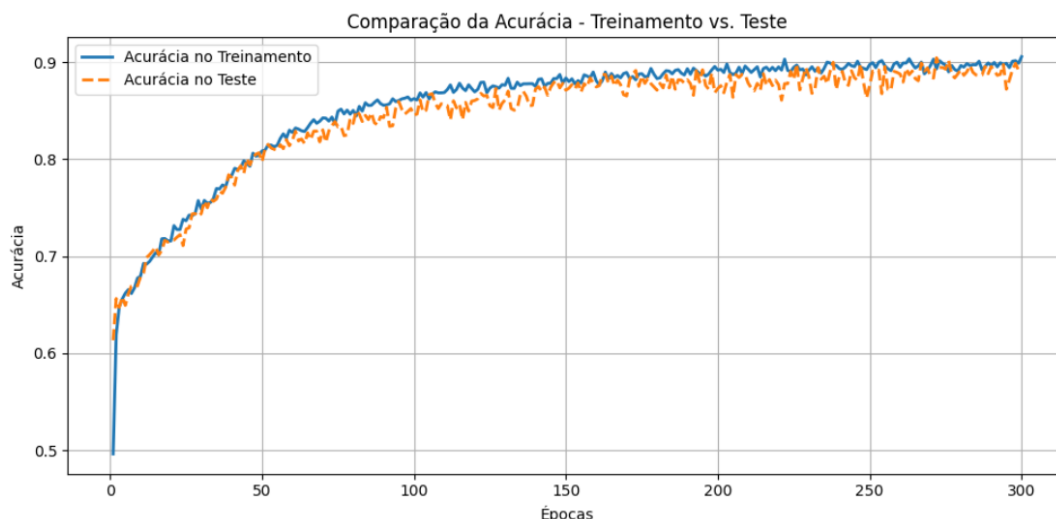


Fonte: Autores

Com 300 épocas, a rede neural atingiu aproximadamente 90% de acurácia no treino e 89% no teste. O comportamento das curvas evidenciou estabilidade, sem indícios de sobreajuste, reforçando a eficácia da arquitetura e das técnicas de regularização aplicadas. Essa configuração mostrou-se adequada para consolidar o aprendizado e

maximizar o desempenho do sistema, garantindo boa precisão preditiva e equilíbrio entre complexidade e generalização.

Figura 4 –Resultado 300 épocas.



Fonte: Autores

Desenvolvimento do Modelo TensorFlow Lite

Com o término do treinamento da rede neural, tornou-se necessário adaptá-la para execução em dispositivos Android. Para isso, o modelo original foi convertido para o formato TensorFlow Lite (.tflite), requisito para integração em aplicativos móveis.

O processo envolveu a replicação da arquitetura original — composta por uma camada de entrada, duas camadas ocultas e uma de saída — dentro da estrutura do TensorFlow. Os pesos ajustados durante o treinamento foram carregados diretamente nessa nova versão, garantindo a preservação da lógica e do desempenho do modelo.

Após a replicação, o modelo foi exportado para o formato .tflite, possibilitando sua execução local no dispositivo móvel, sem necessidade de conexão à internet. É relevante destacar que todo o treinamento foi desenvolvido em NumPy, utilizando o TensorFlow apenas como meio de compatibilização com o Android. Dessa forma, o aplicativo opera com a mesma rede neural desenvolvida no projeto, mantendo sua precisão e robustez em ambiente móvel.

Desenvolvimento do Aplicativo Android

Definição da Paleta de Cores

A identidade visual do aplicativo NutriKids foi cuidadosamente planejada com base em estudos de psicologia das cores, buscando transmitir sensações de confiança,

acolhimento e clareza durante a navegação. Essa decisão fundamenta-se em Leadster (2023), que destaca a influência das cores sobre o comportamento e a percepção humana, e nos princípios teóricos da roda das emoções de Plutchik, que associa cores a sentimentos específicos.

No contexto do NutriKids, o verde foi utilizado em botões de confirmação e ações positivas, como o envio de registros e o compartilhamento de resultados. Essa cor está diretamente relacionada à saúde, equilíbrio e bem-estar, reforçando o propósito do aplicativo voltado à nutrição infantil.

O laranja foi empregado em elementos de destaque e em seções de aviso, especialmente na tela de avaliação nutricional, por estar associado à energia, entusiasmo e atenção, incentivando a interação do usuário e destacando informações importantes. O amarelo complementa a paleta, sendo aplicado em cabeçalhos e títulos, promovendo dinamismo e positividade e facilitando a distinção visual entre as seções do aplicativo. Por fim, o uso predominante de branco e tons claros de fundo assegura leveza visual, contraste adequado e legibilidade, tornando a navegação mais confortável.

Essa combinação cromática garante uma interface harmoniosa, intuitiva e funcional, permitindo que os responsáveis naveguem com facilidade, identifiquem rapidamente as funções mais relevantes e sintam confiança na utilização contínua da ferramenta.

Telas Iniciais do Aplicativo

O desenvolvimento do aplicativo Android iniciou-se pela definição das telas de abertura e de seleção de funcionalidades principais, com o objetivo de proporcionar ao usuário uma experiência simples, intuitiva e funcional desde o primeiro acesso.

A tela inicial apresenta o logotipo e o nome do sistema NutriKids, acompanhados do slogan *“Seu parceiro na nutrição infantil”*. Essa etapa cumpre não apenas uma função estética e institucional, mas também técnica, servindo como tela de carregamento dos recursos essenciais da aplicação, assegurando que todos os componentes sejam inicializados corretamente antes da interação do usuário.

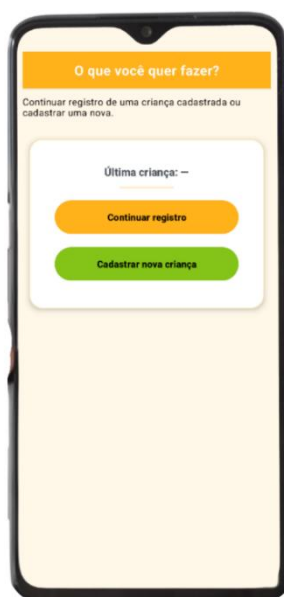
Figura 5 – Tela Inicial NutriKids.



Fonte: Autores

Em seguida, o usuário é direcionado à tela principal de escolha, onde são disponibilizadas duas opções: “Continuar registro” e “Cadastrar nova criança”. A primeira alternativa permite retomar o acompanhamento de uma criança já cadastrada, mantendo a continuidade do histórico alimentar e das análises nutricionais. Já a segunda opção viabiliza o cadastro de uma nova criança, permitindo inserir informações básicas para iniciar o processo de monitoramento nutricional individualizado.

Figura 6 – Tela de Registro / Cadastro.



Fonte: Autores

Essa estrutura inicial foi projetada para minimizar a complexidade de navegação, mantendo a interface limpa e de fácil compreensão. Com isso, o NutriKids reforça sua proposta de acessibilidade, oferecendo um ambiente que combina praticidade, clareza e eficiência no gerenciamento de dados nutricionais infantis.

Cadastro da Criança

A tela de Cadastro da Criança é exibida ao usuário quando selecionada a opção de adicionar um novo registro infantil. Essa etapa é essencial para que o aplicativo personalize o acompanhamento nutricional conforme as características individuais de cada criança, garantindo maior precisão nas recomendações alimentares.

Figura 7 – Tela de Cadastro.



A imagem mostra a interface de usuário para o cadastro de uma criança no aplicativo NutriKids. O título da tela é "Cadastro da Criança" em uma barra amarela. Abaixo, há uma instrução "Preencha os dados com atenção." O formulário contém os seguintes campos:

- Nome da criança:** Um campo de texto com o placeholder "Como está no documento".
- Idade (4 - 8 anos):** Uma barra deslizante com o valor atualizado para "6 anos".
- Peso (kg):** Uma barra deslizante com o valor atualizado para "20.0 kg".
- Altura (m):** Uma barra deslizante com o valor atualizado para "1.20 m".

No rodapé da tela, há uma caixa de seleção desativada com o texto "Li e aceito o Termo de Consentimento LGPD".

Fonte: Autores

Nessa interface, o responsável deve inserir informações básicas como nome, idade, peso e altura, utilizando campos interativos e barras deslizantes que tornam o preenchimento mais ágil e intuitivo. Os dados coletados possuem dupla função: alimentam a base de informações do aplicativo e servem como parâmetros de entrada para o modelo de rede neural embarcado, responsável pela análise nutricional automatizada.

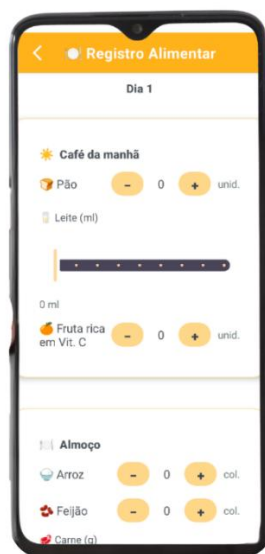
Um aspecto de destaque é a inclusão obrigatória do Termo de Consentimento LGPD (Lei Geral de Proteção de Dados). Essa funcionalidade assegura que o tratamento das informações pessoais esteja em conformidade com a legislação brasileira vigente,

garantindo privacidade, segurança e ética no uso dos dados sensíveis relacionados às crianças cadastradas. O sistema permite o prosseguimento apenas após o aceite do termo, reforçando o compromisso do aplicativo com a transparência e a responsabilidade legal. Dessa forma, a tela de cadastro cumpre não apenas um papel funcional, mas também estabelece uma relação de confiança entre o sistema e seus usuários, alinhando-se às melhores práticas de desenvolvimento de software que envolvem o tratamento de dados pessoais, especialmente em aplicações voltadas ao público infantil.

Registro Alimentar

A tela de Registro Alimentar constitui a funcionalidade central do aplicativo NutriKids, pois é responsável pela coleta das informações relacionadas à dieta diária da criança. O registro foi estruturado de maneira sequencial, contemplando as principais refeições do dia — café da manhã, almoço, café da tarde e jantar —, garantindo que os dados inseridos representem fielmente os hábitos alimentares de cada usuário.

Figura 8 – Tela Registro Alimentar.



Fonte: Autores.

Para tornar o processo de preenchimento simples, rápido e intuitivo, a interface foi desenvolvida com o uso de botões incrementais (+ e -) e barras deslizantes, permitindo ajustar as porções alimentares de forma prática, sem necessidade de digitação manual. Essa abordagem de design reforça o compromisso do aplicativo com a acessibilidade e a usabilidade, atendendo a diferentes perfis de usuários e reduzindo a complexidade do registro diário.

Ao final de cada dia, o responsável deve selecionar a opção “Salvar dia”, que armazena automaticamente os dados registrados e limpa os campos para o início do acompanhamento do dia seguinte. Esse processo se repete durante sete dias consecutivos, assegurando uma coleta consistente e abrangente das informações alimentares.

Concluído o ciclo semanal, o sistema direciona o usuário para a tela de Resultados da Avaliação Nutricional, onde os dados são processados pela rede neural embarcada, gerando uma análise detalhada e recomendações personalizadas.

Dessa forma, a tela de Registro Alimentar combina simplicidade de uso e robustez funcional, consolidando-se como um dos principais pontos de interação entre o usuário e o sistema, e garantindo a confiabilidade dos dados que sustentam a análise nutricional do NutriKids.

Avaliação do Consumo Alimentar

A tela de Resultados da Avaliação Nutricional representa o ponto central do aplicativo NutriKids, pois é nela que os dados alimentares registrados ao longo da semana são processados pela rede neural embarcada no dispositivo. Quando o responsável finaliza o ciclo de sete dias de registros, o sistema ativa automaticamente o modelo em formato TensorFlow Lite (.tflite), armazenado localmente no aplicativo.

Figura 9 – Tela Avaliação do Consumo Alimentar.



Fonte: Autores

Durante o processamento, os dados coletados são combinados com os parâmetros previamente aprendidos pela rede neural, permitindo a geração de uma predição nutricional personalizada para cada criança cadastrada. O uso do modelo embarcado

diretamente no dispositivo móvel garante maior rapidez, privacidade e segurança, eliminando a necessidade de envio de informações para servidores externos.

Além da exibição dos resultados, a tela inclui recursos adicionais que ampliam a funcionalidade e a utilidade do aplicativo:

- Sugestões alimentares: geradas a partir da análise do modelo, oferecem recomendações práticas para melhorar a alimentação da criança.
- Compartilhar no WhatsApp: permite enviar os resultados a outros responsáveis ou profissionais de saúde, facilitando o acompanhamento nutricional colaborativo.
- Revisar dias: possibilita retornar a registros anteriores para corrigir informações e recalcular a avaliação, assegurando maior precisão.
- Salvar e começar nova semana: reinicia o ciclo de acompanhamento, incentivando o monitoramento contínuo da nutrição infantil.
- Ver histórico: disponibiliza um painel de acompanhamento dos resultados anteriores, permitindo observar a evolução nutricional ao longo do tempo.

Essa tela representa o diferencial do NutriKids, ao traduzir todo o processo técnico da rede neural em uma ferramenta acessível e prática. Ao unir inteligência artificial e uma interface clara, o aplicativo não apenas realiza um diagnóstico nutricional, mas também orienta ações concretas e promove um acompanhamento regular e humanizado da saúde infantil.

Conclusão

No decorrer deste projeto, foi desenvolvida e validada uma solução tecnológica voltada à predição de deficiências nutricionais em crianças de 4 a 8 anos, unindo os campos da inteligência artificial e da saúde pública. A proposta consistiu na criação de um sistema multicamadas, composto por uma rede neural artificial do tipo MLP, integrada a um aplicativo Android e apoiada por um banco de dados local SQLite. Juntos, esses componentes formam uma ferramenta prática, leve e acessível para o acompanhamento nutricional infantil.

A escolha do Android Studio como ambiente de desenvolvimento mostrou-se adequada, possibilitando a criação de uma interface amigável, intuitiva e aderente aos padrões modernos de usabilidade. Já a adoção da arquitetura MLP, treinada com o

algoritmo Backpropagation e convertida para o formato TensorFlow Lite, garantiu o equilíbrio entre simplicidade estrutural, eficiência computacional e precisão preditiva, permitindo a execução do modelo diretamente em dispositivos móveis, sem necessidade de conexão à internet.

Os resultados alcançados confirmaram a robustez e confiabilidade do sistema. A rede neural obteve uma acurácia de até 89,13%, demonstrando excelente capacidade de generalização e compatibilidade com o propósito do projeto. A integração ao aplicativo viabilizou a apresentação de diagnósticos personalizados e recomendações alimentares claras, além de funcionalidades adicionais como histórico de avaliações, compartilhamento de resultados e revisão de registros, o que torna a experiência do usuário mais completa e interativa.

Apesar de alguns desafios pontuais durante a fase de integração do modelo ao aplicativo, todas as dificuldades foram solucionadas com sucesso, sem comprometer o cronograma ou a qualidade do produto final. O projeto manteve-se fiel ao planejamento inicial, comprovando a viabilidade técnica, funcional e operacional da solução proposta.

Por fim, espera-se que o sistema desenvolvido contribua significativamente para a promoção da saúde infantil, oferecendo uma alternativa tecnológica acessível a famílias, especialmente em regiões com menor acesso a acompanhamento nutricional especializado. Este trabalho abre caminho para futuras melhorias, como a incorporação de bases de dados reais, o aperfeiçoamento da análise nutricional automatizada e a expansão das funcionalidades do aplicativo, reforçando o potencial de impacto social positivo da solução apresentada.

Referências

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). Relatório global sobre nutrição infantil. Genebra: OMS, 2024.

UNICEF; WHO; WORLD BANK. Joint child malnutrition estimates. Nova Iorque: UNICEF; Genebra: WHO; Washington: World Bank, 2023.

UNITED STATES. Institute of Medicine. Dietary Reference Intakes (DRIs): The Essential Guide to Nutrient Requirements. Washington, D.C.: The National Academies Press, 2006.

BRASIL. Ministério da Saúde. Pesquisa Nacional de Demografia e Saúde da Criança e da Mulher – PNDS 2022. Brasília: Ministério da Saúde, 2022.

GOODFELLOW, Ian; BENGIO, Yoshua; COURVILLE, Aaron. Deep Learning. Cambridge: MIT Press, 2016.

BISHOP, Christopher M. Pattern Recognition and Machine Learning. New York: Springer, 2006.

ABADI, Martín et al. TensorFlow: Large-Scale Machine Learning on Heterogeneous Systems. 2015. Disponível em: <https://www.tensorflow.org/>. Acesso em: 29 set. 2025.

LEADSTER. Psicologia das Cores: Como as cores influenciam decisões e percepções humanas. São Paulo: Leadster, 2023. Disponível em: <https://leadster.com.br/blog/psicologia-das-cores/>. Acesso em: 12 out. 2025.

PLUTCHIK, Robert. A General Psychoevolutionary Theory of Emotion. In: PLUTCHIK, Robert; KELLERMAN, Henry (Org.). Emotion: Theory, Research, and Experience. v. 1. New York: Academic Press, 1980.

BRASIL. Lei nº 13.709, de 14 de agosto de 2018. Lei Geral de Proteção de Dados Pessoais (LGPD). Diário Oficial da União, Brasília, DF, 15 ago. 2018.

COMINETTI, Cristiane; COZZOLINO, Silvia M. F. Recomendações de nutrientes. 3. ed. São Paulo: ILSI Brasil, 2023. E-book. Disponível em: <https://ilsibrasil.org/publication/recomendacoes-de-nutrientes/>. Acesso em: 27 out. 2025

Ensaio experimental para verificação do aumento da carga suportada por uma treliça projetada em perfis de *LightSteel Frame (LSF)* reforçada com madeira do tipo *Oriented Strand Board (OSB)*

Experimental essay for verification of increase of supported load by a truss projected in profiles of Light Steel Frame (LSF) reinforced with Oriented Strand Board (OSB) wood type

Amanda Ferreira Vicente¹
Edmilson Modesto Junior²
Mateus Mendes Silva³
Cléverson Arenhart⁴

RESUMO

O tema escolhido consiste em uma análise aprofundada de um método de reforço em estrutura metálica do modelo *Light Steel Frame (LSF)*, utilizando-se perfis de madeira *Oriented Strand Board (OSB)*, a fim de analisar o comportamento da treliça mediante o aumento do suporte de carga proveniente da presença do reforço. Deste modo foi possível perceber a influência do *OSB*, de sua rigidez e resistência mecânica frente às chapas de *LSF*, possibilitando a comparação e análise da eficiência do reforço nas treliças reforçadas com a treliça não reforçada. Além disso, após as treliças estarem prontas, foram adicionadas cargas, por meio de uma prensa hidráulica e mensuradas com manômetro, para testar o suporte em cada uma delas, e então foi possível medir a deformação que as cargas adicionadas causaram na estrutura, de modo a constatar se o reforço pode ou não aliviar a taxa de ruptura. Por fim, constatou-se que a adição de reforço contribuiu positivamente na estrutura, conciliando questões de aumento de carga suportada na treliça e redução da taxa de deformação. Foi escolhida como estrutura mais viável aquela que apresentou melhor comportamento mediante os ensaios e resultados frente às cargas suportadas.

Palavras-Chave: *LightSteel Frame*; Treliça; *Oriented Strand Board*; Reforço; Suporte de carga;

ABSTRACT

¹ Acadêmica de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba SP.

² Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

³ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

⁴ Engenheiro Civil, Professor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

The chosen theme consists in a deep analysis of reinforcement method in metal frame of the Light Steel Frame (LSF) model, using Oriented Strand Board (OSB) wood profile, in order to analyse the truss behaviour by increasing the load support from the presence of the reinforcement. Thus it was possible to note the OSB influence, its rigidity and mechanical resistance front as the LSF sheets, enabling the comparison and analysis of the reinforcement efficiency in the reinforced truss with the non-reinforced truss. Besides that, after the truss are ready, loads were added by using a hydraulic press and measured with a manometer, to test the support in each of them, then it was possible to measure the deformity that the added loads caused in the frame, in order to verify if the reinforcement can or cannot relieve the break rate. Lastly, the addition of load contributed positively in the frame, conciliating questions of increase of supported load by the truss and reduction of strain rate. The most viable frame chosen was the one that presented the best behaviour upon tests and results withstand loads.

Keywords: Light Steel Frame; Truss; Oriented Strand Board; Reinforcement; Load support.

Introdução

Com o passar do tempo, os setores da construção civil, juntamente com o mercado industrial, passaram a buscar inovações e técnicas alternativas, que garantam não somente praticidade, mas também qualidade e economia no processo construtivo. Por conta disso, segundo a concepção de Dias (1997), entre os séculos XIX e XX, o Brasil apostou em novos métodos provenientes da produção de estruturas em aço. Contudo, antes de tornar-se um grande percursor estrutural, o aço era utilizado apenas em questões “emergenciais”, para atender a grande demanda de construção de pontes e estradas ferroviárias após a 1ª Guerra Mundial. Somente na década de 1950, foi instituída no país a primeira fabricante de aço, a Companhia Siderúrgica Nacional (CSN), dessa forma, o aço que antes era importado, passou a ser obra-prima brasileira.

Com a expansão do mercado econômico e consequentemente o desenvolvimento das grandes cidades e grandes estruturas, o aço foi finalmente adotado como uma nova opção construtiva e as estruturas metálicas ganharam espaço nas grandes obras, por volta da década de 1980. (DIAS, 1997, p.23)

Entretanto, todos os fatores que movem determinado tipo de construção, exigem uma análise detalhada dos materiais a serem utilizados, bem como, as suas propriedades, características, vantagens e desvantagens.

De acordo com Castro (1999), para evitar algum tipo de divergência e até mesmo prejuízos durante a utilização da estrutura metálica, deve-se compreender que a mesma possui um método construtivo específico e que, talvez a problematização se deve ao fato de que, muitas vezes a falta de conhecimento com aquilo que se está manipulando pode acarretar em diversos problemas que vão desde a concepção estrutural até o surgimento de patologias.

Visto isso, Hass; Martins (2011) afirmam que a demanda proveniente da construção civil, produz a necessidade de uma construção rápida, eficaz e com menor taxa de desperdício, garantindo ao mesmo tempo qualidade de edificação e conscientização ambiental.

Em contrapartida, Teixeira (2007) destaca algumas desvantagens constatadas na utilização do aço, primeiramente na questão financeira, já que, apesar de fabricado no Brasil, é um material de custo elevado. Outro ponto a ser destacado, seria a falta de técnica e mão de obra qualificada especificamente neste tipo de estrutura. Além disso, pode-se analisar a deficiência quanto a questão de transporte das peças, já que as mesmas são pré-moldadas e não fabricadas “*in loco*”, como as estruturas de concreto.

Com o intuito de tentar sanar algumas das deficiências provenientes da construção em aço convencional, foi então desenvolvido o *LightSteel Frame (LSF)* que, segundo a concepção de Freitas; Crasto (2006), consiste em perfis de aço galvanizado a frio, com objetivo de suportar as cargas solicitantes da estrutura, que garantem uma construção a seco e consequentemente uma maior agilidade na montagem da estrutura. Diferente da montagem convencional, que necessita de chumbagem e soldas, o *LSF* é interligado apenas por parafusos.

A NBR 15253 (2005) define a espessura das chapas a serem utilizadas de acordo com o formato e suas respectivas aplicações. Vale destacar que, de acordo com Batista (2011), além de utilização estrutural, o *LSF* também pode servir na execução de sistema de fundações, como por exemplo sapatas; fechamentos, isolamentos e instalações elétricas e hidráulicas, de acordo com o projeto de residência. A figura 1 apresenta o início de uma execução em *LSF*.

Figura 1 - Montagem de painéis em estrutura metálica. **Fonte:** Campos (2014).



Em consequência da instauração do *LSF*, métodos de reforço e aprimoramentos de suas vantagens foram instituídos no mercado buscando-se principalmente soluções econômicas e mais resistentes. Uma dessas alternativas, que inclusive foi objeto de estudo desde projeto, seria o revestimento das placas de *LSF* com a madeira *OSB* (*Oriented Strand Board*) que consiste em um painel de madeira, proveniente de reflorestamento, semelhante ao material de tapume, e que, segundo Hass; Martins (2011) garantem à estrutura qualidade no desempenho e resistência mecânica, agindo na influência do contraventamento, estabilidade e melhorias nas questões de isolamento térmico e acústico.

Seguindo a premissa da proposta inicial do *LSF*, os componentes adicionais da estrutura também são interligados por meio de parafusos perfurantes e roscantes. A figura 2 mostra treliças metálicas revestidas em *OSB*.

Figura 2 - Treliças metálicas revestidas em *OSB*. **Fonte:** Freitas; Crasto (2006).



Materiais e métodos

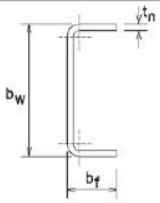
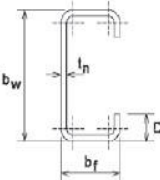
Para a montagem das treliças que foram utilizadas nos ensaios, foram adotadas as dimensões da seção baseando-se nos catálogos: Barbieri do Brasil e CBCA, em conformidade com as normas ABNT, NBR 15253 (2014), NBR 6355 (2003) e NBR 14762 (2010).

Foram utilizados perfis de *LightSteel Frame* organizados da seguinte maneira:

- Guias: U90 x 30 x 0,08 mm;
- Montantes Verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Montantes Diagonais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm.; - Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm.

De acordo com Freitas; Crasto (2006), as guias são perfis em U, não enrijecidos, e que não devem transmitir nem absorver esforços, servindo somente como topo e base da treliça. Já os montantes são perfis UE, ou seja, enrijecidos para suporte e transmissão de esforços, além de possuir a borda que servirá de encaixe deste nas guias. A tabela abaixo especifica as propriedades das guias e montantes, bem como os modelos e formatos da seção.

Tabela 1 - Detalhamento de guias e montantes. **Fonte:** NBR 15253 (2014).

SEÇÃO TRANSVERSAL	Designação	Utilização
	U simples $U \ b_w \times b_f \times t_n$	Guia Ripa Bloqueador Sanefa
	U enrijecido $Ue \ b_w \times b_f \times D \times t_n$	Bloqueador Enrijecedor de alma Montante Verga Viga

A treliça 1, de acordo com a figura abaixo (figura 3), foi executada de modo convencional, ou seja, utilizando apenas os materiais metálicos e parafusos.

Figura 3: Treliça 1 executada com perfis de Light Steel Frame.



- 2 Guias: U0,90 x 0,30 x 2,60 m + Espessura de 9mm
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): 0.89 x 0.37 x 0.54m, gancho;
- 7mm, espessura: 8mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm.;
- Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm.

A treliça 2, representada na figura 4, foi revestida em suas faces com placas de *OSB* nas dimensões adotadas de acordo com o catálogo LP Brasil (2012), com o intuito de fazer com que a placa *OSB* e o perfil estrutural trabalhem juntos, de modo a garantir rigidez à estrutura.

Figura 4: Revestimento das faces da treliça 2, utilizando *OSB*.



- 2 Guias *LSF*: U90 x 30 x 0,08 mm;
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 2 placas em *OSB* para revestimento nas faces da treliça 240 x 120 x 11,1 mm;
- Dimensão total da treliça: 2400 x 400 mm;
- Parafuso auto brocante: Ø5,5 x 32 mm;
- Parafuso auto brocante: Ø4,2 x 25 mm (para fixação do *OSB* na estrutura metálica).

A treliça 3 foi revestida com *OSB* parcialmente, ou seja, apenas nos montantes para verificar o comportamento e a eficácia do esforço quando aplicado apenas nas juntas da estrutura (pontos críticos).

- 2 Guias: U90 x 30 x 0,08 mm;
- 7 Montantes verticais: UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- 6 Montantes de Contraventamento (diagonal): UE89 x 37 x 7 x 0,08 mm;
- Aproximadamente 14 placas em *OSB* para revestimento na base e topo dos montantes, nas dimensões de 150 x 100 mm e 100 x 100 mm; (figura 25).

A figura 5 (a e b) mostram a disposição das placas de *OSB* na treliça.

Figura 5 a e b: Disposição das placas *OSB* na treliça 3.



Em conformidade com o manual CBCA e as normas vigentes, foram adotados 400 mm (comprimento mínimo) entre os montantes, de modo a ocupar a dimensão pré-adotada (2400mm).

Para a fixação das peças durante a montagem da seção, foram utilizados dois parafusos em cada montante vertical, sendo um no topo e um na base. Nas extremidades foram utilizados quatro parafusos, sendo dois no topo e dois na base. Totalizando, por fim, aproximadamente 18 parafusos em cada face. Para a fixação dos montantes diagonais, utilizaram-se 2 parafusos em cada, sendo um no topo e um na base, totalizando aproximadamente 12 parafusos em cada face.

Esse procedimento inicial foi utilizado na execução das três treliças.

A treliça 2 foi revestida em ambas as faces laterais com a placa de *OSB*. A placa foi dimensionada de acordo com a dimensão original da treliça e parafusada em suas extremidades e nas delimitações dos montantes.

A treliça 3 seguiu o mesmo procedimento da anterior, porém a placa de *OSB* foi cortada em 14 partes de 150 x 100 mm e 100 x 100 mm que foram parafusadas no topo e na base de cada montante, determinados os pontos críticos quanto ao suporte de carga.

A figura 6 mostra o conjunto de treliças pronto para os ensaios.

Figura 6: Treliças 1, 2 e 3 montadas.



O ensaio físico descrito a seguir foi realizado no Laboratório de Engenharia do UniSalesiano em Araçatuba - SP.

A força foi aplicada pontualmente, ou seja, ao centro do vão teórico das treliças ortogonalmente ao eixo horizontal da estrutura, no sentido da parte superior para a parte inferior (figura 7).

Figura 7: Treliça posicionada sobre a prensa hidráulica para realização do ensaio.



O manômetro 2 ficou responsável por medir os valores da deformação, deslocamento e flecha. Ele foi zerado e fixado à prensa através de imãs e movimentavam os ponteiros gradativamente a partir do momento em que a estrutura estava recebendo carga. A partir do deslocamento dos ponteiros, os resultados mostrados, em metros, foram aplicados na equação da flecha para obtenção dos valores mostrados no capítulo seguinte. A figura 8 mostra a análise que era feita nos manômetros simultaneamente mediante o acréscimo de carga, para constatar se o manômetro 2 não seria zerado, o que ocasionaria erro permanente de ensaio, pois não apresentaria mais valor de deformação.

Figura 8: Análise simultânea da movimentação dos manômetros marcadores mediante o ensaio.



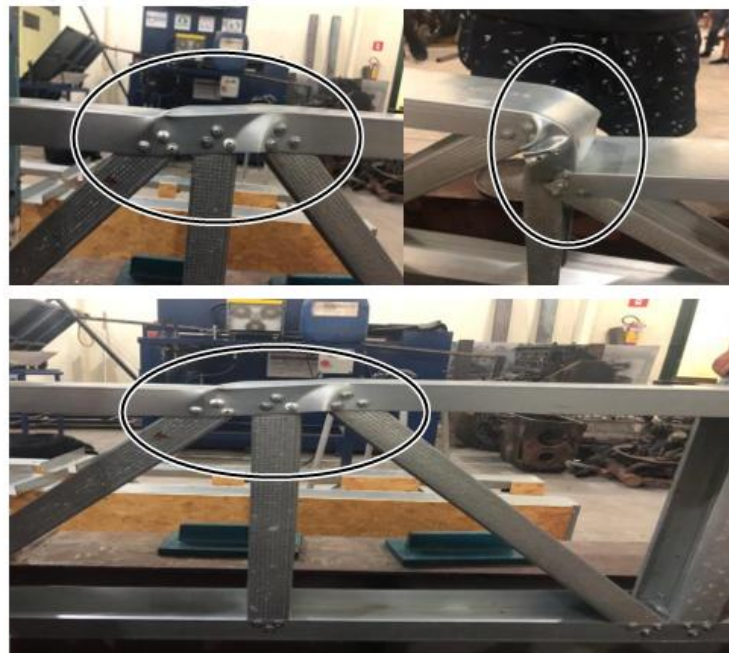
Resultados e discussões

O primeiro parâmetro em relação ao teste efetuado foi encontrar a carga máxima suportada por cada uma das treliças, e com a utilização do relógio hidráulico, foi medido o valor de flecha máxima de cada uma das treliças. A figura 31 mostra as três estruturas após o ensaio de deformação.

Treliça 1

Tendo em vista que primeira treliça sofreu deformações como demonstrado na figura 9, por conta da flambagem aplicada no centro da estrutura e suportou uma carga máxima de 1.250,00 Toneladas sofrendo deformação em várias partes do corpo da estrutura, com isso obteve se uma flecha de 1,78 cm.

Figura 9: Deformações na estrutura em teste.



Observando se a figura 9, os locais marcados com um círculo são os locais onde houve deformação. Com a observação dessa estrutura, foi visto que os reforços que foram aplicados nas outras duas estruturas foram exatamente nos pontos críticos da treliça onde existia a necessidade de se reforçar para que se obtivesse uma maior resistência da estrutura. A tabela 2 demonstra os valores obtidos no ensaio da primeira treliça.

Tabela 2: Resultados obtidos – Treliça 1

TRELIÇA 1					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banzo Superior	1	6,1	COM PRESSÃO	16,68	36,57%
	2	6,2	COM PRESSÃO	16,68	37,17%
	3	18,4	COM PRESSÃO	16,68	110,31%
	4	18,4	COM PRESSÃO	16,68	110,31%
	5	6,2	COM PRESSÃO	16,68	37,17%
	6	6,1	COM PRESSÃO	16,68	36,57%
Banzo Inferior	7	0,0	-	0	0,00%
	8	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	9	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	10	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	11	12,3	TRAÇÃO	37,21	33,06%
	12	0,0	-	0	0,00%
Montantes	13	6,1	COM PRESSÃO	20,52	29,73%
	14	0	-	0	0,00%
	15	0	-	0	0,00%
	16	12,2	COM PRESSÃO	20,52	59,45%
	17	0	-	0	0,00%
	18	0	-	0	0,00%
Diagonais	19	6,1	COM PRESSÃO	20,52	29,73%
	20	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	21	8,7	COM PRESSÃO	14,93	58,27%
	22	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	23	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%
	24	8,7	COM PRESSÃO	14,93	58,27%
	25	8,6	TRAÇÃO	75,48	11,39%

Como demonstra a tabela 2, a estrutura foi separada em partes, assim sendo banzo superior e inferior, montantes e diagonais. Via ftool os resultados de compressão e tração máximas em cada parte da estrutura foi anotado como **Nsd** como mostra a tabela 4, os resultados obtidos por calculo manual utilizando catálogos de especificação de perfis *LSF* e a norma da ABNT 14.762; 2010 assim o resultado de compressão e tração máximas de projeto foram anotados como **Nrd** como mostra a tabela 4. Executando o método comparativo entre os dados computacionais e manuais, foi obtido o aproveitamento da estrutura relacionando o reforço que foi alocado.

Treliça 2

A segunda treliça teve como carga máxima antes de atingir seu ponto de deformação inicial uma carga de 2,100 Toneladas, essa carga gerou algumas deformações e rompimento da placa *OSB* como mostra a figura 10. Com isso foi obtido uma flecha de deformação de 0.8cm, medida através do relógio hidráulico.

Figura 10: Deformações e rompimento da treliça 2.



A deformação ocorrida na treliça 2 como mostra a figura 34, entende-se que a estrutura com o reforço em *OSB* teve um aumento gigante no suporte de carga, porém quando atingido sua carga máxima as placas de *OSB* sofrem ruptura completa de banzo superior a banzo inferior da estrutura, já a estrutura em *LSF* sofreu deformações leves como pode-se observar na tabela 3.

Tabela 3: Resultados obtidos da treliça 2.

TRELIÇA 2					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banzo Superior	1	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	2	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	3	30,8	COMPRESSÃO	16,68	184,65%
	4	30,8	COMPRESSÃO	16,68	184,65%
	5	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
	6	10,2	COMPRESSÃO	16,68	61,15%
Banzo Inferior	7	0	-	0	0,00%
	8	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	9	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	10	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	11	20,6	TRAÇÃO	37,21	55,36%
	12	0	-	0	0,00%
Montantes	13	10,2	COMPRESSÃO	20,52	49,71%
	14	0	-	0	0,00%
	15	0	-	0	0,00%
	16	20,4	COMPRESSÃO	20,52	99,42%
	17	0	-	0	0,00%
	18	0	-	0	0,00%
Diagonais	19	10,2	COMPRESSÃO	20,52	49,71%
	20	14,4	TRAÇÃO	75,48	19,08%
	21	14,5	COMPRESSÃO	14,93	97,12%
	22	14,3	TRAÇÃO	75,48	18,95%
	23	14,3	TRAÇÃO	75,48	18,95%
	24	14,5	COMPRESSÃO	14,93	97,12%
	25	14,4	TRAÇÃO	75,48	19,08%

Realizando o comparativo entre os dados computacionais que foram anotados na tabela (tabela 5) foram denominados Nsd e o dados obtidos através do cálculo manual adotado como Nrd. Fazendo-se o comparativo entre os valores obtidos com o aproveitamento da estrutura em teste, e com isso, analisado o quanto os reforços alocados mudaram o comportamento da estrutura.

Treliça 3

A terceira e última treliça em teste teve um comportamento relativo com o das outras duas treliças que foram testadas anteriormente, sua carga máxima suportada foi de 1,300 Toneladas, superando a primeira treliça assim chegando ao resultado esperado por conta de seu reforço em *OSB*. Após a carga aplicada observou-se a deformação na estrutura como mostra a figura 11, isso ocorrendo devido a flambagem local aplicada no centro do vão da estrutura, gerando uma flecha de 1,50 cm.

Figura 11: Deformação da estrutura após carga aplicada.



O comportamento da treliça 3 ao decorrer dos testes foi relativo com o das outras duas treliças, porem observa se que houve deformação somente no eixo central do banzo superior da estrutura.

Levando em consideração que o reforço tem um impacto no aumento de carga suportada, observa se que foi aplicado uma chapa pequena no eixo central da estrutura. Isso demonstra que pode se aumenta o suporte de carga da estrutura 3, se em trabalhos futuros aplicar uma chapa maior no ponto crítico do eixo central do banzo superior pode se aumente gradativamente o suporte de carga máxima dessa estrutura.

Tabela 4: Resultados obtidos treliça 3.

TRELIÇA 3					
	Elemento	Nsd	ESFORÇO	Nrd	Aproveitamento (%)
Banzo Superior	1	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
	2	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
	3	19	COMPRESSÃO	16,68	113,91%
	4	19	COMPRESSÃO	16,68	113,91%
	5	6,4	COMPRESSÃO	16,68	38,37%
	6	6,3	COMPRESSÃO	16,68	37,77%
Banzo Inferior	7	0	-	0	0,00%
	8	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	9	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	10	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	11	12,7	TRAÇÃO	37,21	34,13%
	12	0,0	-	0	0,00%
Montantes	13	6,3	COMPRESSÃO	20,52	30,70%
	14	0,0	-	0	0,00%
	15	0,0	-	0	0,00%
	16	12,6	COMPRESSÃO	20,52	61,40%
	17	0,0	-	0	0,00%
	18	0,0	-	0	0,00%
	19	6,3	COMPRESSÃO	20,52	30,70%
Diagonais	20	8,9	TRAÇÃO	75,48	11,79%
	21	8,9	COMPRESSÃO	14,93	59,61%
	22	8,8	TRAÇÃO	75,48	11,66%
	23	8,8	TRAÇÃO	75,48	11,66%
	24	8,9	COMPRESSÃO	14,93	59,61%
	25	8,9	TRAÇÃO	75,48	11,79%

Para reunir as informações obtidas, os dados foram organizados em planilha, conforme segue a tabela abaixo (tabela 5).

Tabela 5: Planilha de resultados obtidos.

Treliças	Peso Suportado (TN)	Deformação Ocorrida	
1	0,0 Ton	00.0mm	
	300 Ton	00.00 mm	
	900 Ton	0.093mm	
		Relógio Zerado	
	1000 ton	0.0163mm	
	1100 ton	0.095mm	
		Relógio Zerado	
	1200 ton	0.097mm	
		Relógio Zerado	
	1250 ton	0.0141mm	Rompimento
2	0,0 Ton	0.000mm	
	1000 Ton	0.0100mm	
	1500 Ton	0.0993mm	
		Relógio Zerado	
	2000 Ton	0.033mm	
	2100 Ton	0.167mm	Rompimento
3	0.0 Ton	0.0 mm	
	900 Ton	0.0600mm	
	1300 Ton	0.1030mm	Rompimento

Ao realizar uma análise aprofundada dos resultados de carga máxima de cada estrutura em teste (tabela 7), é visto que a terceira e última treliça teve um suporte de carga maior que o da treliça 1 porém menor que o da treliça 2, mas levando em consideração a quantidade de reforço empasta em cada estrutura, a treliça 3 resistiu muito com um gasto baixo. A treliça 2 como mostra a tabela 7 foi a que mais resistiu, porém tendo um gasto muito elevado por conta de seu reforço, pois a placa alocada nas duas faces da estrutura aumenta sua resistência, mas também o seu valor. A Treliça 1 não tinha nenhum reforço alocado em sua estrutura, mas também resistiu muito bem frente ao teste de carga que foi aplicado.

Abaixo a tabela 8 faz uma síntese dos resultados sincronizando as cargas resistidas com o valor total da estrutura para obter-se um resultado de viabilidade.

Tabela 8: Resultados finais e comparativo de viabilidade.

TRELIÇA 1 (REFERENCIAL)		
CARGA SUPORTADA	CUSTO	CUSTO POR KN
12,5	R\$ 126,22	R\$ 10,10

TRELIÇA 2		
CARGA SUPORTADA(KN)	CUSTO (R\$)	CUSTO POR KN
21	R\$ 168,88	R\$ 8,04

TRELIÇA 3		
CARGA SUPORTADA(KN)	CUSTO (R\$)	CUSTO POR KN
13	R\$ 133,99	R\$ 10,31

TRELIÇA	CARGA SUPORTADA (KN)	CUSTO (R\$)
1	12,5	R\$ 126,22
2	21	R\$ 168,88
3	13	R\$ 133,99

A TRELIÇA 2 SUPORTOU 168% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 1 E CUSTOU 133,79,15% DO VALOR DA TRELIÇA 1
A TRELIÇA 3 SUPORTOU 104% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 1 E CUSTOU 106,15% DO VALOR DA TRELIÇA 1
A TRELIÇA 2 SUPORTOU 161,53% DA CARGA SUPORTADA PELA TRELIÇA 3 E CUSTOU 126,12% DO VALOR DA TRELIÇA 3

Com o fim dos testes executados e apresentação dos resultados obtidos (tabela 8), foi realizado um comparativo entre os resultados para se entender qual das três treliças seria mais viável tendo menos custo monetário. Analisando a tabela 8, entende-se que a treliça 2 teve um suporte de carga elevado perante as outras, porém seu custo também foi o mais alto.

Tendo em vista que a treliça 1 teve um suporte de carga menor que as outras duas, seu custo total foi o mínimo dentre as três treliças, em relação a treliça 3 que teve um suporte de carga maior que o da treliça 1 considera os custos apresentados, acaba que não se tornando viável por conta da relação custo/benefício.

Conclusão

O estudo apresentado neste trabalho, relacionando estruturas de perfis *Light Steel Frame (LSF)* e placas de *Oriented Strand Board (OSB)* apresentou a possibilidade de criar estruturas otimizadas, utilizando dois materiais com propriedades diferentes, mas que, quando combinados, dão forma a um novo modelo estrutural.

Com os resultados obtidos concluiu-se que, as duas estruturas revestidas com os painéis *Oriented Strand Board*, obtiveram um ganho de resistência, assim suportando quase o dobro de carga que a estrutura sem nenhum reforço. Dessa forma, o projeto mostrou que as propriedades mecânicas do *OSB*, causam impacto diretamente na rigidez da estrutura, de acordo com a quantia aplicada como reforço em cada treliça, resistindo mais ao esforço de flexão aplicado.

A principal demonstração desse ensaio é que é possível executar uma estrutura intermediária, com alto desempenho, combinando materiais e economizando financeiramente.

Analisando-se os resultados obtidos, tem-se que frente a estruturas de concretos as estruturas em perfis *LSF* podem ser uma boa escolha dependendo do tipo de projeto a ser executado. Observando o comportamento das estruturas estudadas revelou que no futuro se houver trabalho relacionado ou até uma continuação do trabalho aqui apresentando, pode-se obter melhorias em relação ao comportamento das estruturas por conta de melhor adequação das estruturas.

Tendo em vista o resultado positivo do trabalho em si apresentado, conclui-se que o embasamento teórico deste trabalho, possibilitou o conhecimento do material e método construtivo utilizado, respectivamente, o *Oriented Strand Board (OSB)* e o *Light Steel Frame (LSF)*, demonstrando as características e a empregabilidade de cada um deles.

Referências Bibliográficas

ABRAF. (2013) - **Anuário estatístico Associação Brasileira de Produtores de Florestas 2013, ano base 2012** / ABRAF. – Brasília: 2013. 148 p.

AGUILAR, M.T.P.; SANTOS, M. P - **Painéis de madeira como vedação vertical em construções**. Cadernos de Arquitetura e Urbanismo. Belo Horizonte, Minas Gerais, 2007.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355. **Dimensionamento de perfis de aço formados a frio** – Padronização. Rio de Janeiro, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6355. **Dimensionamento de perfis de aço formados a frio** – Padronização. Rio de Janeiro, 2012 (atualizada).

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14762. **Dimensionamento de estruturas de aço constituídas por perfis formados a frio**. Rio de Janeiro, 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15253. **Perfis de aço formados a frio, com revestimento metálico, painéis reticulados em edificações: requisitos gerais**. Rio de Janeiro, 2014.

BATISTA, R. C. **Análise estrutural de uma residência constituída por perfis de aço galvanizados de pequena espessura formados a frio segundo o sistema construtivo a seco – *LightSteel Framing (LSF)***. 2011. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2011. 63 p.

BIAZUS, A.; HORA, A.; LEITE B.G.P. **Panorama de mercado: painéis de madeira**. 2010. BNDES setorial 32, 90 p.

BRUNO, E. F. S.; RODRIGUES, M. L.; MARTINS, T.B. – **Ensaio de treliça executada com perfis de aço galvanizado formados a frio simples e revestida com placas OSB**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso. Unisalesiano – Centro Universitário Católico Unisalesiano Auxillium. Araçatuba, São Paulo, 2016. 69 p.

CAMPOS, P.F. ***LightSteel Framing* – Uso em construções habitacionais empregando a modelagem virtual como processo de projeto e planejamento**. Dissertação mestrado. Universidade de São Paulo, São Paulo, 2014. 198 p.

CASTRO, E.M.C. **Patologia dos edifícios em estrutura metálica**. 1999. Dissertação (Mestrado) – Escola de Minas, Universidade Federal de Ouro Preto, Ouro Preto, 1999. 202 p.

CBCA (Centro Brasileiro da Construção em Aço). Disponível em <<http://www.cbcaacobrasil.org.br/site/construcao-em-aco-vantagens.php>>. Acesso em: 18 fev. 2019.

CONGRESSO BRASILEIRO DE GALVANIZAÇÃO. **GALVABRASIL 2013**. São Paulo, 22 out. 2013. Disponível em <<http://www.icz.org.br/galvabrasil/2013/>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

CONSULSTEEL. **Construccion con acero liviano – Manual de Procedimiento**. Buenos Aires: Consul Steel, 2002.

DIAS, L. A. M. **Edificações de aço no Brasil**. 1ed. São Paulo: Zigurate, 1997. 204 p.

FREITAS, A. M. S.; CRASTO, R. C. M. de. **Manual de Construção em Aço -*Steel Framing*: Arquitetura**. Instituto Aço Brasil/CBCA - Centro Brasileiro de Construção em Aço. Rio de Janeiro, 2006. 121 p.

FOREST PRODUCTS LABORATORY – **Wood handbook: wood as an engineering material**. 2010. Madison: USDA, Forest Service, Forest Products Laboratory, 2010. 508 p.

GASPAR, A.P. **Construção de edifícios de habitação em *LightSteel Framing* – Alternativa viável à construção tradicional**. Faculdade de comunicação, arquitetura, artes e tecnologias da informação. Porto, 2013. 152 p.

GUARNIER, C. R. F. **Metodologias de detalhamento de estruturas metálicas**. 2009. Dissertação (Mestrado). Universidade Federal de Ouro Preto. Escola de Minas. Departamento de Engenharia Civil, Ouro Preto, 2009. 396 p.

HASS, D. C. G.; MARTINS, L. F. **Viabilidade econômica do uso do sistema construtivo *Steel Frame* como método construtivo para habitações sociais**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia de Produção Civil. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2011. 76 p.

IWAKIRI, S. – **Painéis de Madeira Reconstituída**. 2005. Departamento de Engenharia e Tecnologia Florestal – UFPR. Curitiba, Paraná. 2005. 66 p.

IWAKIRI, S.; ALBUQUERQUE, C.E.C.; PRATA, J.G.; COSTA, A.C.B. - **Utilização de madeiras de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus dunnii* para produção de painéis de partículas orientadas - OSB**. 2008. Ciência Florestal, Santa Maria, 2008. 270 p.

INSTITUTO AÇO BRASIL (IAB). **Aplicações do aço**. Dados coletados em 2017. Disponível em <<http://www.acobrasil.org.br/site2015/aplicacoes.asp>>. Acesso em: 25 mar. 2019.

KLINGSPOR. (2011) - **Abrasive Technology**. Disponível em: <http://klingspor.ca/html/index.php?site=3_19_66&lng=por>. Acesso em 21 mar. 2019.

LP Brasil Indústria e Comércio de OSB. **Manual de Construção Energética Sustentável**. Curitiba, Paraná. (2012).

LP BRASIL (2012) – **Catálogo Técnico LP OSB placas estruturais para construção CES**. Curitiba, Paraná. 2012. Disponível em: < <http://www.lpbrasil.com.br/produtos/lp-OSB-home-plus/>>. Acesso em 21 mar. 2019. 8 p.

MACEDO, L. - **Painéis de madeira *Pinus* sp. e adição de partículas de polipropileno biorientado (BOPP)**. 2014. Dissertação Pós-Graduação. Universidade de São Paulo, departamento de engenharia de estruturas escola de engenharia de São Carlos, 2014. 84 p.

MENDES, R.F. - **Efeito de tratamento térmico sobre as propriedades de painéis OSB. 2010**. Dissertação mestrado - Piracicaba, São Paulo, 2010. 67 p.

MENDES, L.M.- ***Pinus* spp. Na produção de painéis de partículas orientadas (OSB)**. 2001. Tese pós-graduação Universidade Federal do Paraná. Curitiba, Paraná, 2001.

NAZAR, N. - **Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema**. 2007. 1 Ed. São Paulo, 2007.

REVISTA DA MADEIRA (2006) - **OSB oferece resistência para múltiplos usos**. Edição: n.97, jun. Editora Remade. Disponível em: <http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=916>. Acesso em 20 mar. 2019.

REVISTA DA MADEIRA (2007) – **Painel de OSB oferece maior resistência para uso em estruturas**. Edição: n.108, jun. Editora Remade. Disponível em: < http://www.remade.com.br/br/revistadamadeira_materia.php?num=1157 >. Acesso em 20 mar. 2019.

PEREIRA, C. Estrutura Metálica: **Processo executivo, vantagens e desvantagens**. Escola Engenharia, 2018. Disponível em: <<https://www.escolaengenharia.com.br/estruturametalica/>>. Acesso em: 25 de março de 2019.

PINHO, F. O.; PENNA F. **Série Manual de Construção em aço - Viabilidade Econômica**. Rio de Janeiro: IBS / CBCA, 2008. 84 p.

RODRIGUES, F.C. **Steel Framing: Engenharia**. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção do aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2006. 127 p.

SANTIAGO, A.K; FREITAS, A.M.S; CRASTO, R.C.M. **Steel Framing: Arquitetura**. Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção em Aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2012. 151 p.

SILVA, L. EDSON; SILVA, P. VALDIR; PIERIN, I. **Estruturas compostas por perfis formados a frio – Dimensionamento pelo método das larguras efetivas e aplicação conforme ABNT NBR 14762 (2010) e ABNT NBR 6355 (2012)** - Instituto Brasileiro de Siderurgia. Centro Brasileiro de Construção do aço, CBCA. Rio de Janeiro, 2014. 194 p.

TEIXEIRA, R.B. **Análise da gestão do processo de projeto estrutural de construções metálicas**. 2007. Dissertação (Mestrado), Programa de Pós Graduação em Engenharia de Estruturas, Escola de Engenharia da UFMG, Belo Horizonte, 2007. 248 p.

SURDI P. G.– **Produção de partículas orientadas (OSB) a partir de um híbrido de Pinus elliottii var. Elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo 2012. 101 p.

SCANAVACA JUNIOR, L.– **Caracterização silvicultural, botânica e tecnológica do Eucalyptus urophylla S. T. Blake e de seu potencial para a utilização em serraria**. 200. **Dissertação (Mestre em Ciências Florestais)** – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz. Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo, 2001. 108 p.

SOUZA, A.M.- **Produção e avaliação do desempenho de painéis de partículas orientadas (OSB) de Pinus sp com inclusão de telas metálicas**. 2012. Escola de engenharia de São Carlos, São Paulo, 2012.

SURDI P. G.– **Produção de partículas orientadas (OSB) a partir de um híbrido de Pinus elliottii var. Elliottii x Pinus caribaea var. Hondurensis**. 2012. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo. Piracicaba, São Paulo 2012. 101 p.

ZENID, G.J.- **Madeira: uso sustentável na construção civil**. 2009. Instituto de pesquisas tecnológicas, 2 Ed. São Paulo, 2009.103 p.

Estudo da execução e viabilidade de vigas pré-moldadas em canteiro de obra com forma metálica

Study of the execution and feasibility of precast beams in metal-shaped construction site

Patrine Alexandre Paco¹
André Luís Gamino²

RESUMO

O mercado de construção civil cada vez mais busca por processos construtivos mais produtivos, com racionalização de materiais e rapidez de execução. Este trabalho versa sobre a comparação de custos no processo de execução de vigas pré-moldadas em canteiro de obra, mostrando seus benefícios como versatilidade, menor perda de materiais e tempo de execução, do ponto de vista técnico e econômico. O trabalho de conclusão de curso foi baseado no método construtivo da Construtora Reynold Ltda, cuja obra estudada neste trabalho foi o Centro de Convivência do Centro Universitário Católico UniSalesiano Auxilium, com execução entre julho de 2018 e julho de 2019 e localização na Rodovia Teotônio Vilela, em Araçatuba-SP. Houve um acompanhamento em campo do método construtivo desenvolvido pela construtora para vigas pré-moldadas no local, no qual chegou ao resultado de que 90% dos procedimentos de execução verificados apresentaram conformidade com as normas da ABNT. A viabilidade do custo de vigas em concreto pré-moldado em obra foi demonstrada através de planilha orçamentária, na qual foram levantados os quantitativos de consumo e preço de materiais baseados nas tabelas SINAP e CPOS para uma viga já dimensionada que foi utilizada na obra analisada. Este estudo também abordou a implantação de uma central de pré-moldados no canteiro de obras para a produção dos elementos e suas etapas de execução. Com esse estudo pode-se obter um resultado satisfatório de custo do método pré-moldado em relação ao pré-fabricado para execução de vigas, com uma economia de 37,3%.

Palavras-Chave: Método construtivo, concreto pré-moldado, viabilidade de pré-moldado em obra, rapidez de execução.

ABSTRACT

The civil construction market is increasing the search of more productive construction processes, with rationalization of materials and speed of execution. This paper its about the cost comparison in the execution process of precast beams in construction site, showing its benefits such as versatility, less material loss and execution time, from a technical and economic point of view. The course conclusion paper was based on the constructive method of Construtora Reynold Ltda, whose studied site in this paper was the Living Center of the Catholic University Center Unisalesiano Auxilium, running between July 2018 and July 2019 and located on Teotônio Vilela Highway, in Araçatuba-SP. There was a field follow-up of the

¹ Acadêmico de Engenharia Civil do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP.

² Engenheiro Civil, Professor Doutor do Centro Universitário Católico Salesiano Auxilium – Araçatuba-SP. Orientador.

construction method developed by the construction company for precast beams on site, which resulted in the fact that 90% of the verified execution procedures complied with ABNT standards. The feasibility of the cost of precast concrete beams on site was demonstrated through a budget spreadsheet, in which the consumption and price quantities of materials based on the SINAP and CPOS tables were surveyed for an already sized beam that was used in the analyzed work. This study also addressed the implementation of a central precast plant at the construction site for the production of the elements and their stages of execution. With this study it is possible to obtain a satisfactory cost result of the precast method in relation to the prefabricated beam execution method, with a economy saving of 37,3%.

Keywords: Construction method; precast concrete; precast viability on site; speed of execution.

Introdução

O método construtivo com estruturas pré-moldadas revolucionou a construção na Europa. O uso do pré-moldado ganhou grande escala devido a necessidade da reconstrução das cidades com rapidez, após a última guerra. No Brasil, esses elementos vêm ganhando destaque em vários empreendimentos.

A grande competitividade do mercado atual, no entanto, demanda soluções que, associadas ao processo construtivo em alvenaria estrutural, melhorem a eficiência do processo, eliminando etapas construtivas, minimizando interferências entre os subsistemas e elevando a qualidade do produto final. Adotar soluções voltadas à industrialização, principalmente com a pré-moldagem, pode ser um caminho para melhorar a eficiência do processo (BRUMATTI, 2008).

As estruturas em pré-moldado além de racionais, trazem versatilidade para a obra. Segundo ÁVILA (2006),

O uso de pré-moldados permite a confecção de peças de todos os tamanhos e formatos para atender ao projeto de arquitetura, inclusive se a necessidade for por elementos de grandes dimensões. Tecnicamente, não há impedimento para utilização de pré-moldados em toda e qualquer obra, desde que haja compatibilidade com o restante da estrutura.

A construção civil busca por materiais mais baratos e é indiscutível que as estruturas pré-moldadas proporcionam economia. Trabalhos indicam que além de serem bastante viáveis do ponto de vista técnico, também é uma opção bastante econômica que garantem benefícios como rapidez, qualidade, durabilidade e planejamento para a obra.

Outro benefício que o concreto pré-moldado apresenta é o reuso de suas formas e considerável redução de desperdício, trazendo economia e sustentabilidade.

Revisão bibliográfica

Para análise da viabilidade e economia de pré-moldados estudou-se a monografia de Brumatti (2008), no qual, foi desenvolvida uma comparação de custos para um caso típico entre uma casa de dois pavimentos com as mesmas dimensões e tamanhos, com uma sistemática construtiva convencional, formada por uma alvenaria de vedação sem função estrutural e um conjunto de pilares e laje maciça plana executado “in loco”, entre uma no sistema misto de alvenaria estrutural e laje pré-moldada em canteiro de obra, sendo necessária a criação de uma central de pré-moldados. Esse resultado pode ser analisado na tabela 1 a seguir.

Tabela 1 – Comparação estrutura convencional X pré-moldado

ESTRUTURA CONVENCIONAL X PRÉ-MOLDADO - CASA A								
ITEM	DESCRIÇÃO	PRÉ-MOLDADO				CONVENCIONAL		
		UNID.	QUANT. TOTAL	PREÇO UNIT. R\$	PREÇO TOTAL R\$	QUANT. TOTAL	PREÇO UNIT. R\$	PREÇO TOTAL R\$
1	INFRA-ESTRUTURA				R\$ 5.631,90			R\$ 5.587,17
1.1	GABARITO	CASA	1,00	R\$ 284,29	R\$ 284,29	1,00	R\$ 284,29	R\$ 284,29
1.2	FÔRMA E DESFORMA							
1.2.1	FORMA RADIER	M²				7,30	R\$ 13,87	R\$ 101,25
1.2.2	FORMA EXTRA RADIER	M²	6,89	R\$ 13,87	R\$ 95,56	6,89	R\$ 13,87	R\$ 95,56
1.2.3	FORMA METÁLICA DO RADIER	CASA	0,01	R\$ 7.500,00	R\$ 82,50			
1.2.4	MÃO-DE-OBRA PARA FORMA METÁLICA RADIER	CASA	1,00	R\$ 63,48	R\$ 63,48			
1.2.5	DESFORMA	M²	14,19	R\$ 4,88	R\$ 69,25	14,19	R\$ 4,88	R\$ 69,25
1.3	ARMAÇÃO							
1.3.1	TELA LAJE PISO TÉRREO	Kg	288,00	R\$ 3,64	R\$ 1.048,32	288,00	R\$ 3,64	R\$ 1.048,32
1.3.2	TELA EXTRA RADIER	Kg	35,00	R\$ 3,64	R\$ 127,40	35,00	R\$ 3,64	R\$ 127,40
1.4	CONCRETO							
1.4.1	CONCRETO MAGRO LAJE PISO TÉRREO = 5CM	M³	3,35	R\$ 154,73	R\$ 518,35	3,35	R\$ 154,73	R\$ 518,35

1.4.2	CONCRETO MAGRO EXTRA RADIER E = 5CM	M³	1,40	R\$ 154,73	R\$ 216,62	1,40	R\$ 154,73	R\$ 216,62
1.4.3	CONCRETO BOMBEADO 30MPa RADIER	M³	13,96	R\$ 193,09	R\$ 2.695,54	13,96	R\$ 193,09	R\$ 2.695,54
1.4.4	CONCRETO BOMBEADO 30MPa EXTRA LAJE PISO	M³	2,23	R\$ 193,09	R\$ 430,59	2,23	R\$ 193,09	R\$ 430,59
2	SUPER ESTRUTURA				R\$ 14.592,20			R\$ 17.406,39
2.1	FÔRMA E DESFORMA							
2.1.1	FÔRMA PILAR TÉRREO E SUPERIOR METÁLICO	M²	13,44	R\$ 12,27	R\$ 164,91	48,93	R\$ 12,27	R\$ 600,37
2.1.2	FÔRMA LAJE TÉRREO E SUPERIOR	M²	-	R\$ 22,13	-	126,00	R\$ 22,13	R\$ 2.788,38
2.1.3	FÔRMA ESCADA E VIGA	M²	-	R\$ 28,58	-	55,00	R\$ 28,58	R\$ 1.571,90
2.1.4	PASTA DESMOL- DANTES	M²	126,00	R\$ 1,60	R\$ 201,60			
2.1.5	DESFORMA	M²	139,44	R\$ 3,22	R\$ 449,00	229,93	R\$ 3,22	R\$ 740,37
2.1.6	FÔRMA ENCARREGA DO E CONSULTO- RIA DA STONE ESTRUTURA PRÉ- MOLDADO - LAJES E VIGAS	M³	13,48	R\$ 150,00	R\$ 2.022,00			
2.1.7	FÔRMA ENCARRE- GADO E CONSULTO- RIA DA STONE ESTRUTURA PRÉ- MOLDADO - ESCADAS	M³	1,00	R\$ 250,00	R\$ 250,00			

2.1.8	SINAL PARA TRANSPORTE DE MOLDE	M³	14,48	R\$ 4,35	R\$ 62,99			
2.2	ESCORAMENTO	CASA				1,00	R\$ 2.000,00	R\$ 2.000,00
2.3	ARMAÇÃO							
2.3.1	TELA LAJE TÉRREO E SUPERIOR	Kg	610,00	R\$ 3,64	R\$ 2.220,40	517,00	R\$ 3,64	R\$ 1.881,88
2.3.2	ARMAÇÃO CORTADA E DOBRADA	Kg	1.015,00	R\$ 3,41	R\$ 3.461,15	1.038,00	R\$ 3,41	R\$ 3.539,58
2.4	CONCRETO							
2.4.1	CONCRETO BOMBEADO 30 MPa	M³	14,48	R\$ 193,09	R\$ 2.795,94	19,74	R\$ 193,09	R\$ 3.811,60
2.4.2	CONCRETO CONVENCIONAL PILARES 30 MPa	M³	0,75	R\$ 221,79	R\$ 166,34	1,56	R\$ 221,79	R\$ 345,99
2.4.3	GRAUTEAMENTO DE ALVENARIA ESTRUTURAL	M³	2,24	R\$ 207,76	R\$ 465,38			-
2.4.4	CONTROLE TECNOLÓGICO DOS MATERIAIS	VB	1,00	R\$ 126,32	R\$ 126,32	1,00	R\$ 126,32	R\$ 126,32
2.4.5	GRAUTEAMENTO DOS PILARES, ENCONTRO DE LAJES E FURROS DE INSTALAÇÃO	CASA	1,00	R\$ 652,90	R\$ 652,90			
2.4.6	PLATAFORMA PARA MOLDAGEM DAS LAJES	VB	1,00	R\$ 79,00	R\$ 79,00			
2.4.7	POLIMENTO PARA ACABAMENTO DAS LAJES PRÉ-MOLDADAS	M²	116,53	R\$ 4,00	R\$ 466,12			
2.5	OUTROS							
2.5.1	OUTROS ITENS ESPECIAIS E MATERIAS PARA IÇAMENTO DAS LAJES PRÉ-MOLDADAS	M²	14,48	R\$ 17,55	R\$ 254,12			

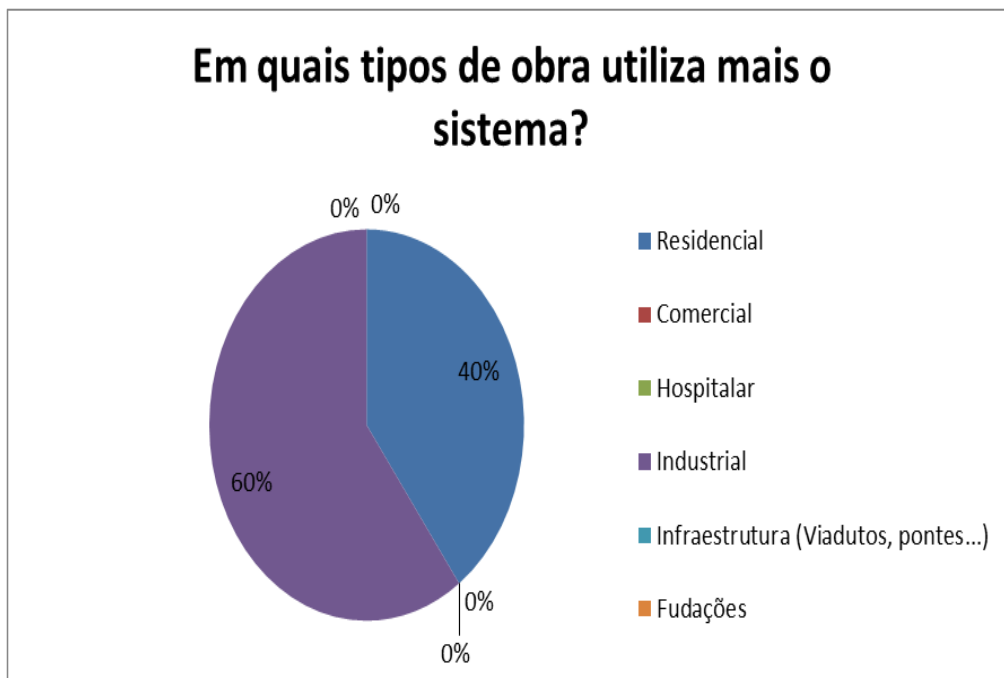
2.6	EQUIPAMENTOS							
2.6.1	EQUIPAMENTOS PARA MONTAGEM DAS LAJES PRÉ-MOLDADAS (MUCK E GUINDASTE)	CASA	1,00	R\$ 754,02	R\$ 754,02			
2.7	ALVENARIA				R\$ 5.924,80			R\$ 4.889,94
2.7.1	ALVENARIA ESTRUTURAL DE 14 CM	M²	142,74	R\$ 28,47	R\$ 4.063,81			
2.7.2	ALVENARIA ESTRUTURAL DE 9 CM	M²	87,70	R\$ 21,22	R\$ 1.860,99	230,44	R\$ 21,22	R\$ 4.889,94
2.8	REVESTIMENTOS				R\$ 2.374,53			R\$ 2.806,42
2.8.1	GESSO LISO NO TETO PARA CORREÇÕES	M²	199,00	R\$ 2,50	R\$ 497,50	199,00	R\$ 7,50	R\$ 1.492,50
2.8.2	QUADROS DE GRANITO - DIFERENÇA ENTRE PAREDE DE 14 CM E 9 CM	VB	1,00	R\$ 1.877,03	R\$ 1.877,03	1,00	R\$ 1.313,92	R\$ 1.313,92
		PRÉ-MOLDADO			R\$ 28.523,42	CONVENCIONAL		R\$ 30.689,92

Fonte: Adaptada de Brumatti (2008).

Através de pesquisas feitas por Oliveira (2015), pode-se observar em quais tipos de obra é mais utilizado o sistema de pré-moldados, quais fatores influenciam na escolha desse sistema, suas principais desvantagens e se as obras com estruturas pré-moldadas são mais caras ou mais baratas, demonstradas nas figuras 1, 2, 3 e 4 a seguir.

O gráfico 1 apresentou que o sistema em concreto pré-moldado é mais utilizado em obras industriais com 60% das pesquisas.

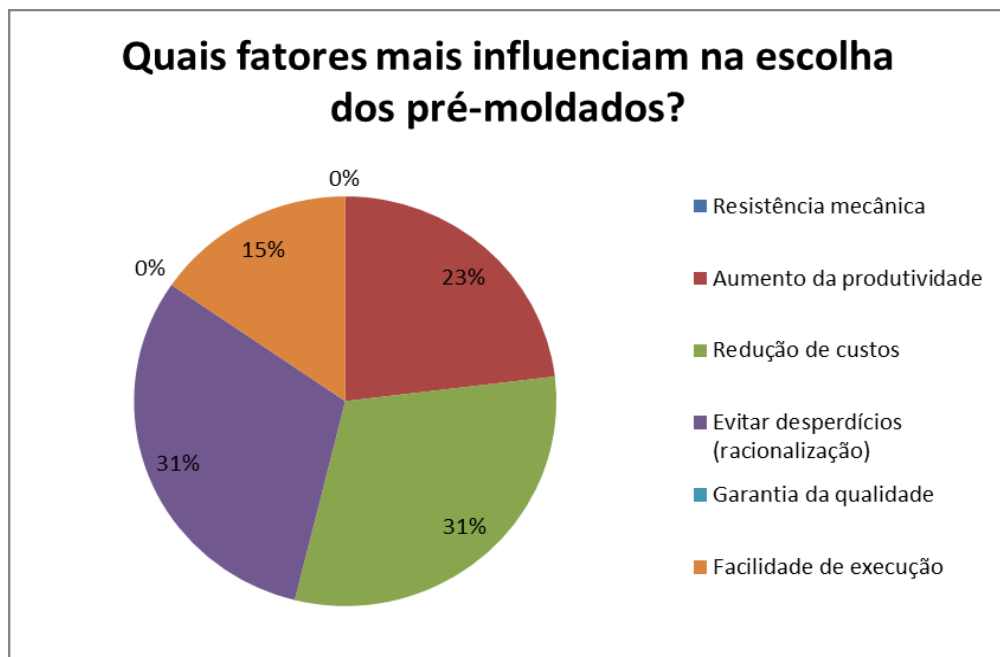
Figura 1 – Gráfico 1: Tipos de obra que utiliza pré-moldado.



Fonte: Oliveira (2015).

O gráfico 2 demonstrou que os principais fatores que influenciam na escolha de pré-moldados são redução de custos e a racionalização. Os outros fatores que influenciam na escolha são o aumento da produtividade e a facilidade de execução.

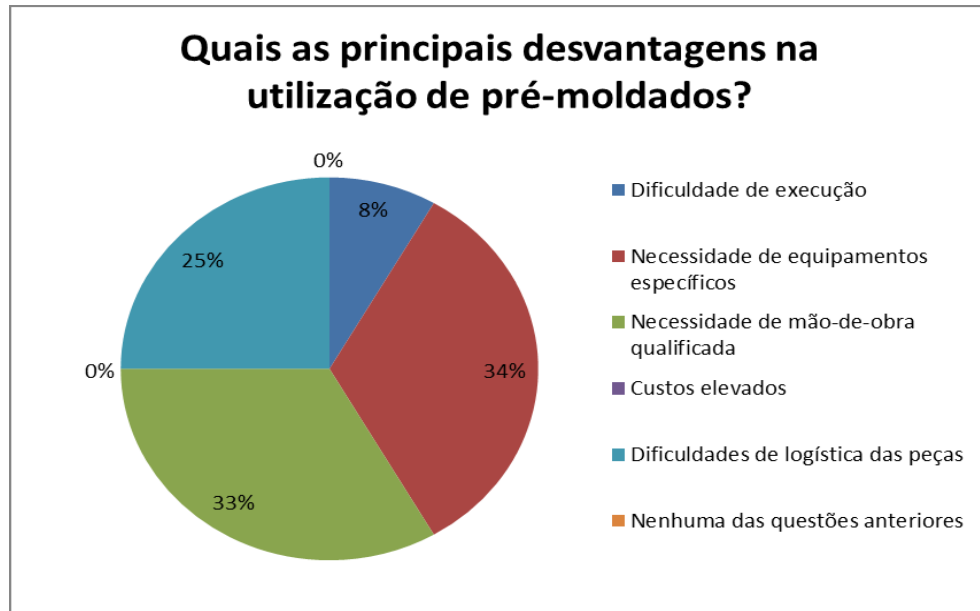
Figura 2 – Gráfico 2: Quais fatores mais influenciam na escolha dos pré-moldados.



Fonte: Oliveira (2015).

No gráfico 3, pode-se observar que o uso do pré-moldado apresenta algumas desvantagens, sendo elas principalmente a necessidade de equipamentos específicos, necessidade de mão-de-obra qualificada e dificuldades de logística das peças.

Figura 3 – Gráfico 3: Principais desvantagens na utilização de pré-moldados.



Fonte: Oliveira (2015).

Já no gráfico 4, 100% dos entrevistados disseram que as obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais baratas.

Figura 4 – Gráfico 4: Viabilidade econômica em obras com estruturas pré-moldadas.



Fonte: Oliveira (2015).

Materiais e métodos

Para o estudo do método de vigas pré-moldadas em obra, teve-se como base a construção do centro de convivência do Centro Universitário UniSalesiano Auxilium de Araçatuba-SP.

Estudo

O estudo foi iniciado através do acompanhamento em obra do processo de execução das vigas pré-moldadas desde a verificação de projeto das mesmas, preparação do canteiro até o içamento das peças, sendo que as peças já estavam dimensionadas.

Após acompanhamento da obra, houve a necessidade do estudo sobre as normas brasileiras técnicas para os procedimentos realizados na execução de vigas pré-moldadas.

Para análise dos métodos a serem adotados no procedimento de execução de vigas pré-moldadas teve-se como base a recomendação das normas brasileiras NBR 9.062 (2017) – Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado – Procedimento e NBR 14.931 (2004) – Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento, que serão descritas ao longo deste trabalho.

Para análise dos parâmetros mínimos de engenharia para vigas pré-moldadas teve-se como base a norma técnica NBR 6118 (2014) - Projetos de Estrutura de concreto – Procedimentos.

Também foi desenvolvida uma planilha orçamentária com a finalidade de obter uma comparação de custos do modo de execução entre pré-moldado e pré-fabricado, no qual foram utilizadas as tabelas CPOS e SINAPI para a composição dos orçamentos.

Método

No acompanhamento da obra, foram realizadas as seguintes verificações:

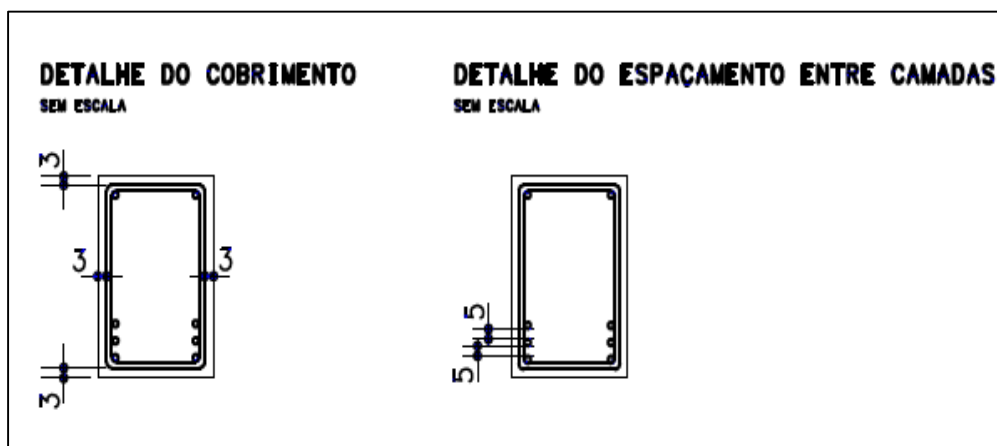
Formas

A verificação das formas utilizadas foi realizada “in loco”. No canteiro de obra foram verificadas cada peça utilizada, seu posicionamento e nivelamento e antes da concretagem ainda foi realizado a conferência de cada leito de viga para saber se as estavam devidamente posicionadas, niveladas e limpas para o recebimento do concreto. Em campo verificou-se que foi utilizado a aplicação de desmoldante para as formas antes da introdução da armadura.

Cobrimento das armaduras e espaçamento entre camadas

A verificação do cobrimento e espaçamento entre camadas para armadura foi realizada a partir do projeto das vigas dimensionadas conforme figura 5 abaixo.

Figura 5 – Detalhe do cobrimento e espaçamento entre camadas para viga V320.



Fonte: Contrutora Reynold (2018).

Também foi realizada a verificação “in loco” para observar se os cobrimentos e os espaçamentos entre camadas estavam conforme projeto. Foram utilizados espaçadores para garantir o cobrimento solicitado como demonstrado na figura 6 abaixo.

Figura 6 – Verificação do cobrimento de armadura.

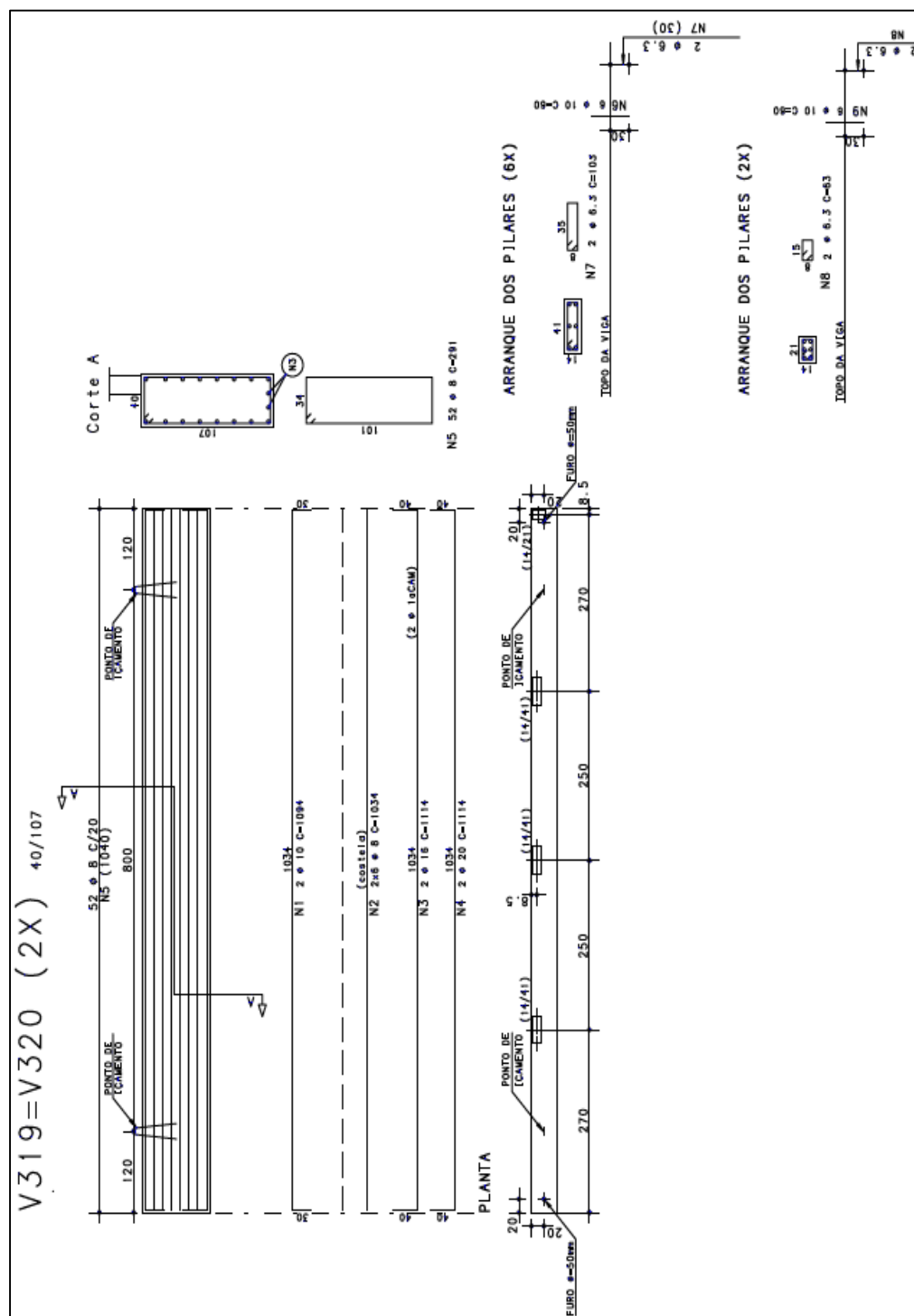


Fonte: Autor (2018).

Armadura

O alojamento da armadura, assim como os comprimentos, dimensões das bitolas e ganchos foram observados a partir do projeto da viga V320 (figura 7).

Figura 7 – Projeto estrutural da viga V320.



Fonte: Construtora Reynold (2018).

Este projeto também foi utilizado para o cálculo de consumo de aço para compor a planilha orçamentária.

Resistência do concreto (f_{ck})

No acompanhamento “in loco” da execução das vigas identificou-se que o f_{ck} utilizado foi de 40 MPa.

Trabalhabilidade do concreto

“In loco” foi verificado o ensaio de abatimento onde foi constatado que os slumps tirados durante a concretagem atendiam ao solicitado, sendo este 10 ± 2 . No ensaio o preenchimento do molde era realizado em três camadas compactadas com 25 golpes.

Moldagem de corpos de prova

A moldagem dos corpos de prova também foi verificada “in loco” durante o acompanhamento da obra. Retirava-se a amostra somente no início do caminhão e seu volume era somente para a quantidade necessária.

Concretagem

Também houve o acompanhamento deste procedimento em campo. A concretagem só era realizada quando as formas estavam devidamente limpas e niveladas e a armadura bem posicionada. O lançamento do concreto era feita em duas etapas para cada viga e após o seu lançamento o concreto era vibrado.

Armazenamento

Conforme verificação feita em campo, após a cura das vigas concretadas, estas eram retiradas dos leitos e armazenadas sobre calços de madeira.

Içamento das peças

Conforme verificação “in loco” o içamento das vigas era realizado seguindo um plano de Rigging. Entende-se como plano de Rigging o planejamento detalhado para atividades de içamentos de cargas.

Sinergia com as normas brasileiras

Através dos procedimentos exigidos perante normas técnicas e parâmetros mínimos de engenharia para cobrimento, concreto e armadura de vigas em concreto armado descritos anteriormente, realizou-se um levantamento (tabela 2) para observar se houve conformidade entre os procedimentos adotados pela Construtora Reynold com os mesmos.

Planilha orçamentária para viga V320

As informações necessárias para a execução da planilha orçamentária foram retiradas das tabelas, CPOS versão 174 – nov/2018 – sem desoneração e SINAPI – ago/2017 – região de São Paulo, na qual foi utilizada a viga (V320) já dimensionada que faz parte da estrutura da obra citada para o cálculo dos custos. A composição dos elementos para viga pré-moldada foi retirada da CPOS e os custos unitários de materiais e mão de obra para cada elemento retirou-se da tabela SINAPI.

Para a comparação de custos entre o método de execução de pré-moldado e pré-fabricado foi necessário um orçamento de pré-fabricado para a viga V320 de uma empresa “A”, de São José do Rio Preto-SP.

Para custos de formas metálicas (sistema trio) e custo de caminhão truck para carga/descarga das formas, foi necessário utilizar uma ordem de compra da Construtora Reynold.

Viabilidade econômica entre pré-moldado e estrutura convencional

Para análise da viabilidade econômica entre pré-moldado e uma estrutura convencional estudou-se a monografia de Brumatti (2008), no qual, foi desenvolvida uma comparação de custos para um caso típico entre uma casa de dois pavimentos com as mesmas dimensões e tamanhos, com uma sistemática construtiva convencional, uma alvenaria de vedação sem função estrutural e um conjunto de pilares e laje maciça plana executados “in loco”, e uma no sistema misto de alvenaria estrutural e laje pré-moldada em canteiro de obra, sendo necessária a criação de uma central de pré-moldados (tabela 1).

Viabilidade das obras com estruturas pré-moldadas

Foi realizado o estudo da monografia de Oliveira (2015) para a revisão bibliográfica deste trabalho, no qual contribuiu para análise da viabilidade e as vantagens das obras executadas com estruturas pré-moldadas de acordo com as pesquisas desenvolvidas em seu trabalho (figuras 1, 2, 3 e 4).

Resultados e discussões

Após análises de campo e conhecimento de normas técnicas foi desenvolvida a tabela 2 a seguir para determinar quais procedimentos vistos em campo estão conforme NBR's.

Tabela 2 – Conformidade entre verificações em campo com NBR's

TABELA DE VERIFICAÇÃO ENTRE PROCEDIMENTO EM CAMPO E NBR'S				
ITEM	PROCEDIMENTOS	VERIFICAÇÃO	NORMALIZAÇÃO	CONFORMIDADE
1	FORMAS	Verificação "In loco" das peças utilizadas e do procedimento de	NBR 9062 (2017) e NBR 14931 (2004)	SIM
2	ARMADURA	Verificação em projeto e montagem em campo da viga V320	NBR 9062 (2017) e NBR 14931 (2004)	SIM
3	COBRIMENTO MÍN.	Apresentado em projeto (viga V320) e verificado "In loco" se estava conforme projeto	NBR 6118 (2014)	SIM
4	ESPAÇAMENTO ENTRE CAMADAS	Apresentado em projeto (viga V320) e verificado "In loco" se estava conforme projeto	NBR 6118 (2014)	SIM
5	FCK MÍN.	Verificação em campo do Fck do concreto utilizado durante a concretagem	NBR 6118 (2014)	SIM
6	VERIFICAÇÃO DA TRABALHA - BILIDADE DO CONCRETO	Acompanhamento do teste do Slump em campo	NBR NM 67 (1998)	SIM
7	MOLDAGEM DOS CORPOS DE PROVA	Acompanhamento da moldagem feita em campo durante a concretagem	NBR NM 33 (1994) e NBR 5738 (2015)	NÃO
8	CONCRETAGEM	Acompanhamento do procedimento em campo	NBR 14931 (2004)	SIM
9	ARMAZENA - MENTO	Acompanhamento do procedimento em campo	NBR 9062 (2017)	SIM
10	IÇAMENTO	Acompanhamento do procedimento em campo	NBR 9062 (2017)	SIM

Fonte: **O autor**

Com ela, foi possível identificar que 90% dos procedimentos verificados em campo estão conforme recomendações das NBR's.

Após levantamento de custos para viga V320, apresentou-se a planilha orçamentária da tabela 3 a seguir.

Tabela 3 – Planilha Orçamentária para viga V320.

PLANILHA ORÇAMENTÁRIA PARA VIGA V320								
ITEM	REF. CUSTOS UNIT.	DESCRIÇÃO DO SERVIÇO	UNID	QUANT	MATERIA	MAO DE OBRA	CUSTO UNIT.	TOTAL
1.		PRÉ-MOLDADO						7.727,92
	Const. REYNOLD	Locação formas metálicas (sistema trio)	m ²	75,510	1,33	-	1,33	100,43
	Const. REYNOLD	Locação de caminhão truck - carga / descarga de formas	dia	2,000	-	-	225,00	450,00
	CPOS	Concreto preparado no local, fck = 20,0 Mpa - leito	m ³	0,475	228,22	90,12	318,34	151,21
	CPOS	Chapa de aço em bitolas medias - leito	Kg	67,880	4,16	9,99	14,15	960,50
	SINAPI	Sarrado de madeira não aparelhada 2,5 x 5 cm, macaranduba, angelim ou equivalente da região	m	0,400	3,03	-	3,03	1,21
	SINAPI	Arame recozido 18 BWG, 1,25 mm (0,01 Kg/m)	Kg	6,053	7,00	-	7,00	42,37
	CPOS	Concreto usinado, fck = 40,0 MPa - para bombeamento	m ³	4,451	327,46	-	327,46	1.457,52
	CPOS	Armadura em barra de aço CA-50 (A ou B) fyk = 500 MPa	Kg	217,638	4,94	1,93	6,87	1.495,17
	SINAPI	Desmoldante para formas metálicas a base de óleo vegetal	l	14,732	12,73	-	12,73	187,54
	CPOS/SINAP	Carpinteiro	h	8,635	-	20,89	20,89	180,39
	CPOS/SINAP	Ferreiro/armador	h	38,403	-	20,89	20,89	802,24
	CPOS/SINAP	Ajudante de ferreiro	h	32,029	-	17,19	17,19	550,58
	CPOS/SINAP	Pedreiro	h	30,044	-	21,01	21,01	631,22
	CPOS/SINAP	Servente	h	39,124	-	18,34	18,34	717,53
2.		PRÉ-FABRICADO						12.320,00
	Orçamento empresa "A"	Viga pré-fabricada (peça + transporte Araçatuba + impostos)	m ³	4,451	-	-	2.767,92	12.320,00

Fonte: o autor.

A planilha orçamentária apresentou um custo da viga V320 em pré-moldado de R\$ 7.727,92 e em pré-fabricado de R\$ 12.320,00. Relativamente o custo apresentado para procedimento de execução em pré-moldado é mais baixo, gerando economia para a obra.

Com a planilha orçamentária desenvolvida por Brumatti para a comparação de custos de uma sistemática construtiva convencional, formada por uma alvenaria de vedação sem função estrutural e um conjunto de pilares e laje maciça plana executado “in loco”, entre uma no sistema misto de alvenaria estrutural e laje pré-moldada em canteiro de obra pode-se verificar que o sistema misto de alvenaria estrutural e laje pré-moldada apresentou melhor custo, com economia de 7%.

As pesquisas feitas por Oliveira apresentaram que o sistema em concreto pré-moldado é mais utilizado em obras industriais. Também demonstraram que os principais fatores que influenciam na escolha de pré-moldados são redução de custos e a racionalização e as obras com estruturas pré-moldadas são em geral mais baratas.

Conclusões

Com a competitividade do mercado de trabalho, a construção civil busca métodos construtivos que priorizam a rapidez de execução e a viabilidade financeira.

Através de pesquisas feitas por Oliveira (2015), pode-se observar que as estruturas com sistema em pré-moldados geralmente são mais baratas.

A monografia de Brumatti (2008) apresentou uma economia de 7% entre uma sistemática produtiva convencional e um sistema misto de alvenaria estrutural e laje pré-moldada em canteiro de obra.

Já com a planilha orçamentária desenvolvida nesse trabalho, o custo da viga em pré-moldado foi de R\$ 7.727,92 e da pré-fabricada é de R\$ 12.320,00, assim o método construtivo em pré-moldado apresenta uma economia de 37,3% em relação ao pré-fabricado, para determinada viga.

Em relação aos parâmetros mínimos de engenharia para execução e dimensionamento da viga pré-moldada V320 e aos procedimentos de execução verificados, a Construtora Reynold atendeu aos requisitos das normas da ABNT com

apenas 10% de não conformidade devido à moldagem dos corpos de prova, no qual a amostra utilizada é retirada somente no início do lançamento do concreto.

Logo, pode-se concluir com este trabalho que o sistema pré-moldado em obra para vigas apresenta resultado de custo satisfatório, com baixo custo, em comparação com outros métodos construtivos.

Finalizando, as informações e verificações aqui apresentadas, comprovam o motivo do qual a Construtora Reynold utiliza esse método construtivo, viabilizando o custo para a execução de suas obras.

Referências Bibliográficas

ÁVILA, Renata. Projetos: Pré-moldado. Técnica, edição 108, mar. 2006. Disponível em: <<http://techne17.pini.com.br/engenharia-civil/108/artigo286054-1.aspx>>. Acesso em: 13 de março de 2019.

BERTOLI, Rafael C. **Concreto pré-moldado – Execução de Vigas e Pilares**. 2007. Trabalho de Conclusão de Curso – Curso de Engenharia Civil da Unidade Acadêmica da Área de Ciências Exatas e Tecnológicas da Universidade São Francisco, Itatiba.

BRUMATTI, Dioni O. **Uso de pré-moldados – Estudo e viabilidade**. 2008. Monografia apresentada para obtenção de título de Especialista na Construção Civil – Universidade Federal de Minas Gerais.

OLIVEIRA, Daniel F. C. **Concreto Pré-moldado: Processos Executivos e Análise de mercado**. 2015. Monografia apresentada ao Curso de Especialização em Construção Civil – Escola de Engenharia da Universidade Federal de Minas Gerais.

SENDEN, Henry O. T. **Sistemas Construtivos Em Concreto Pré-moldado**. 2015. Projeto de graduação para obtenção do título de engenheiro civil – Curso de Engenharia Civil da Escola Politécnica da Universidade Federal do Rio de Janeiro.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 9.062. **Projeto e Execução de Estruturas de Concreto Pré-Moldado – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 14.931. **Execução de Estruturas de Concreto – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 12.655. **Concreto de cimento Portland – Preparo, controle, recebimento e aceitação – Procedimento**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR NM 67. **Concreto – Determinação da consistência pelo abatimento do tronco de cone**. Rio de Janeiro, 1998.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 5.738. **Concreto – Procedimento para moldagem e cura de corpos de prova**. Rio de Janeiro, 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6.118. **Projetos de Estrutura de concreto – Procedimentos**. Rio de Janeiro, 2014.

Funções Hash Criptográficas e Colisões: Uma Análise dos Algoritmos MD5, SHA-1, SHA-256 e SHA-512

*Cryptographic Hash Functions and Collisions:
An Analysis of the MD5, SHA-1, SHA-256, and SHA-512 Algorithms*

Hericson dos Santos ¹

RESUMO

As funções *hash* criptográficas são amplamente utilizadas para verificação de integridade, autenticação, identificação de arquivos e diversas aplicações relacionadas à segurança da informação. Este trabalho apresenta uma análise dos algoritmos MD5, SHA-1, SHA-256 e SHA-512, abordando seus princípios de funcionamento, principais características, propriedades criptográficas e aplicações práticas em ambientes computacionais. São discutidos conceitos fundamentais das funções *hash*, incluindo unidirecionalidade, resistência a colisões e efeito avalanche, destacando sua importância para a confiabilidade dos sistemas digitais. O estudo também apresenta uma discussão sobre as vulnerabilidades identificadas nos algoritmos MD5 e SHA-1, especialmente a ocorrência de colisões criptográficas, demonstrando como essas fragilidades impactaram a segurança e contribuíram para a substituição gradual desses algoritmos por alternativas mais robustas. Como complemento à fundamentação teórica, foi realizado um ensaio experimental utilizando a ferramenta *FastColl* para geração controlada de uma colisão MD5 em ambiente laboratorial. Os resultados obtidos demonstraram que arquivos distintos podem produzir o mesmo valor *hash*, evidenciando na prática as limitações do algoritmo. Por fim, são apresentadas considerações sobre a utilização das funções *hash* na computação forense e nos processos de verificação de integridade de dados, reforçando a recomendação do uso de algoritmos modernos da família SHA-2, especialmente SHA-256 e SHA-512.

Palavras-Chave: Função *Hash*; MD5; SHA-1; SHA-256; SHA-512; Colisão Criptográfica.

ABSTRACT

Cryptographic hash functions are widely used for integrity verification, authentication, file identification, and various applications related to information security. This paper presents an analysis of the MD5, SHA-1, SHA-256, and SHA-512 algorithms, addressing their operating principles, main characteristics, cryptographic properties, and practical applications in computational environments. Fundamental concepts of hash functions are discussed, including one-wayness, collision resistance, and the avalanche effect, highlighting their importance for the reliability of digital systems. The study also discusses vulnerabilities identified in the MD5 and SHA-1 algorithms, particularly the occurrence of cryptographic collisions, demonstrating how these weaknesses impacted security and contributed to the gradual replacement of these algorithms by more robust alternatives. As a complement to the theoretical foundation, an

¹ Professor Mestre do Centro Universitário Católico Salesiano *Auxilium* – Araçatuba SP e Perito Criminal da Polícia Científica do Estado de São Paulo.

experimental test was conducted using the FastColl tool to generate a controlled MD5 collision in a laboratory environment. The results demonstrated that distinct files can produce the same hash value, providing practical evidence of the algorithm's limitations. Finally, considerations are presented regarding the use of hash functions in digital forensics and data integrity verification processes, reinforcing the recommendation of modern SHA-2 family algorithms, especially SHA-256 and SHA-512.

Keywords: Hash Function; MD5; SHA-1; SHA-256; SHA-512; Cryptographic Collision.

Introdução

A crescente digitalização das atividades humanas transformou a forma como informações são produzidas, armazenadas e compartilhadas. Nesse contexto, documentos eletrônicos, registros de sistemas e mídias digitais passaram a desempenhar papel relevante em investigações e processos judiciais, tornando a prova digital um importante elemento para a reconstrução de eventos e produção de evidências tecnicamente fundamentadas.

A computação forense é a área responsável pela identificação, coleta, preservação e análise de evidências obtidas a partir de dispositivos e sistemas computacionais. Uma das principais preocupações dessa atividade consiste em garantir a integridade dos dados examinados, uma vez que alterações acidentais ou intencionais podem comprometer a confiabilidade dos resultados obtidos (CASEY, 2011).

Nesse cenário, destacam-se as funções *hash* criptográficas, utilizadas para gerar resumos digitais de tamanho fixo a partir de dados de tamanho variável. Esses valores, conhecidos como *hashes* ou *digests*, permitem verificar a integridade de arquivos e identificar alterações em seu conteúdo. Uma de suas principais propriedades é o efeito avalanche, no qual pequenas modificações nos dados de entrada produzem mudanças significativas no valor *hash* gerado (STALLINGS, 2015).

Entre os algoritmos historicamente mais utilizados destacam-se o MD5 e o SHA-1. Contudo, avanços na análise criptográfica demonstraram vulnerabilidades relacionadas à resistência a colisões desses algoritmos, possibilitando a geração de diferentes arquivos com o mesmo valor *hash* (RASJID et al., 2017). Em razão dessas limitações, algoritmos mais robustos, como SHA-256 e SHA-512, passaram a ser amplamente adotados em aplicações que exigem elevados níveis de segurança (NIST, 2015), os quais não possuem colisões conhecidas atualmente.

Diante desse contexto, o presente texto apresenta uma análise das funções *hash* criptográficas, abordando seus conceitos fundamentais, propriedades, principais algoritmos, vulnerabilidades conhecidas e o fenômeno das colisões criptográficas. Adicionalmente, é apresentado um ensaio experimental de colisão MD5 e SHA1, com o objetivo de demonstrar, na prática, as limitações desses algoritmos e a importância da adoção de mecanismos criptográficos mais robustos.

Funções Hash Criptográficas

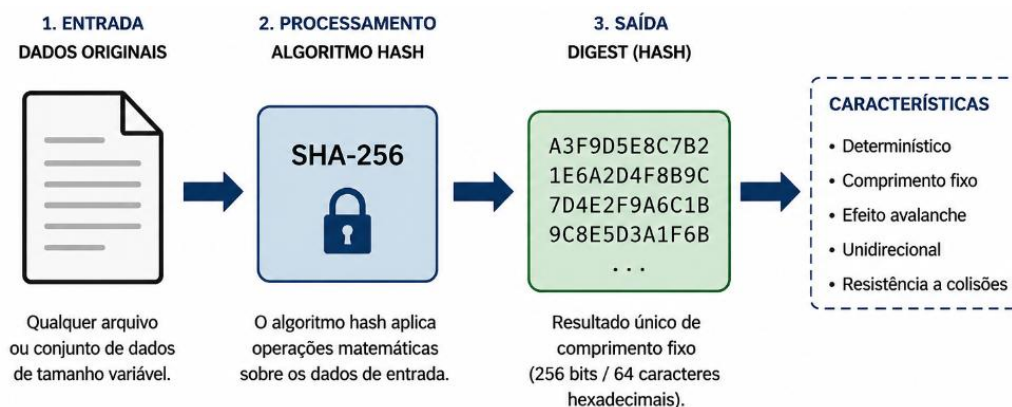
As funções *hash* criptográficas constituem um dos principais mecanismos utilizados para verificação de integridade de dados, autenticação e identificação de arquivos em sistemas computacionais. Sua finalidade consiste em transformar dados de tamanho arbitrário em um resumo criptográfico de comprimento fixo, denominado *hash*, *digest* ou valor *hash*.

Importante considerar que o valor *hash* calculado a partir de uma informação digital representa, tão somente, integridade deste artefato; o que não pode ser confundido com originalidade e autenticidade digital que depende da análise de outros elementos do arquivo.

Uma característica fundamental dessas funções é sua natureza unidirecional, tornando computacionalmente inviável reconstruir o conteúdo original a partir do valor *hash* gerado. Dessa forma, documentos, imagens, vídeos ou até mesmo imagens forenses completas podem ser representados por uma sequência de caracteres, facilitando processos de validação e comparação (RIVEST, 1992), isto é, uma assinatura digital.

No contexto da computação forense, funções *hash* são amplamente utilizadas para verificar a integridade de evidências digitais. Durante a aquisição de mídias computacionais, os valores *hash* calculados sobre o conteúdo original e sobre a cópia forense devem coincidir, demonstrando que não ocorreram alterações durante o processo de duplicação (CASEY, 2011) e nem posterior, o que seria acusado em uma simples comparação entre os dois arquivos.

Figura 1 - Processo simplificado de geração de uma função hash



Fonte: adaptada pelo autor.

Propriedades das Funções *Hash* Criptográficas

Para que uma função *hash* possa ser considerada criptograficamente segura, determinadas propriedades matemáticas devem ser atendidas. Essas características são responsáveis por garantir que o algoritmo possa ser utilizado em aplicações que exigem elevados níveis de confiabilidade, incluindo assinaturas digitais, autenticação de dados e preservação de evidências digitais.

Tabela 1 - Principais propriedades das funções *hash* criptográficas

Propriedade	Descrição	Importância
Determinismo	A mesma entrada produz sempre o mesmo valor <i>hash</i> .	Permite a reprodução consistente dos resultados e a comparação confiável entre arquivos.
Comprimento Fixo	Independentemente do tamanho da entrada, o <i>hash</i> possui tamanho constante.	Facilita o armazenamento, a transmissão e a comparação dos resumos criptográficos.
Resistência à Pré-imagem	Deve ser computacionalmente inviável reconstruir a mensagem original a partir do <i>hash</i> .	Garante a característica unidirecional da função <i>hash</i> .
Resistência à Segunda Pré-imagem	Deve ser inviável encontrar uma segunda entrada diferente que produza o mesmo <i>hash</i> de uma entrada conhecida.	Impede a substituição de conteúdos mantendo o mesmo valor <i>hash</i> .
Resistência a Colisões	Deve ser inviável encontrar duas entradas distintas que produzam o mesmo <i>hash</i> .	Constitui uma das principais propriedades de segurança das funções <i>hash</i> criptográficas.

Fonte: Adaptado de Rivest (1992), Stallings (2015) e NIST (2015).

A quebra dessas propriedades compromete diretamente a segurança do algoritmo. Historicamente, vulnerabilidades relacionadas à resistência a colisões foram identificadas nos algoritmos MD5 e SHA-1, motivando a adoção de algoritmos mais robustos da família SHA-2 (RASJID et al., 2017).

Efeito Avalanche

Uma das características mais importantes das funções *hash* criptográficas é o efeito avalanche. Esse fenômeno ocorre quando pequenas alterações nos dados de entrada produzem mudanças significativas e aparentemente aleatórias no valor *hash* resultante (STALLINGS, 2015; SANTOS, 2024).

A Figura 2 ilustra esse comportamento por meio de duas imagens visualmente semelhantes, diferenciadas apenas pela alteração de um único pixel. Embora a modificação seja praticamente imperceptível ao observador humano, os valores *hash* gerados são completamente distintos.

Figura 2 - Comparação computacional entre duas imagens semelhantes.



Fonte: adaptado de Santos, 2024.

Essa propriedade torna as funções *hash* extremamente eficazes para detecção de alterações em arquivos digitais, sendo amplamente utilizada em mecanismos de verificação de integridade e em procedimentos de computação forense.

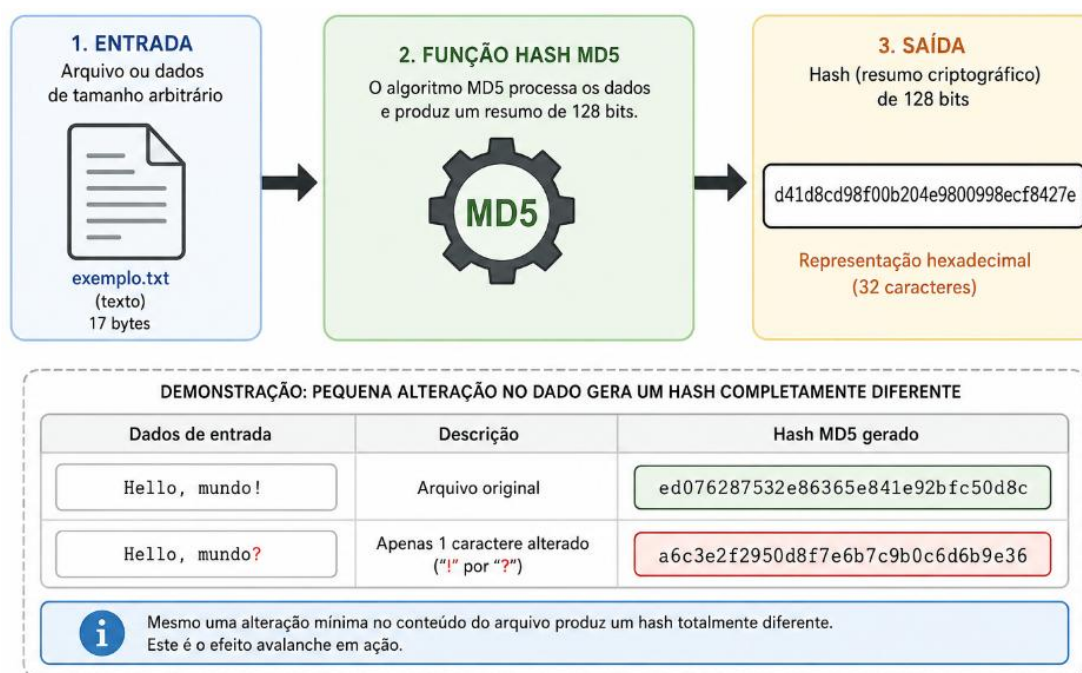
Principais Algoritmos *Hash*

Diversos algoritmos *hash* foram desenvolvidos ao longo da evolução da segurança da informação com o objetivo de garantir integridade, autenticação e identificação de dados. Entre os mais famosos destacam-se o MD5, o SHA-1 e os algoritmos da família SHA-2, especialmente o SHA-256 e o SHA-512. As seções seguintes apresentam suas principais características, aplicações e limitações.

MD5 (*Message Digest Algorithm 5*)

O MD5 (*Message Digest Algorithm 5*) é uma função *hash* criptográfica desenvolvida por Ronald Rivest em 1991 como sucessora do algoritmo MD4, com o objetivo de oferecer maior confiabilidade para aplicações de verificação de integridade de dados (RIVEST, 1992). O algoritmo recebe uma entrada de tamanho arbitrário e produz um resumo criptográfico de 128 *bits*, tipicamente representado por uma sequência hexadecimal de 32 caracteres. A Figura 3 demonstra como a entrada de dois textos diferentes produzem valores *hash* diferentes.

Figura 3 - Exemplo de geração de hash MD5



Fonte: elaborada pelo autor.

Uma das características que contribuíram para a ampla adoção do MD5 foi sua elevada velocidade de processamento. Durante muitos anos, o algoritmo foi utilizado em sistemas operacionais, bancos de dados, mecanismos de autenticação, assinaturas digitais e distribuição de *software*.

Quando um arquivo é submetido ao MD5, qualquer alteração em seu conteúdo produz um valor *hash* completamente diferente, permitindo a verificação rápida da integridade dos dados. Em razão dessa característica, o algoritmo tornou-se amplamente empregado em aplicações de segurança da informação e computação forense e vem sendo utilizado até hoje.

Entretanto, pesquisas criptográficas identificaram fragilidades estruturais no algoritmo, culminando na demonstração prática destas impropriedades. Esses

experimentos de ataques comprovaram a possibilidade de diferentes conjuntos de dados produzirem exatamente o mesmo valor *hash*, comprometendo uma das propriedades fundamentais esperadas de uma função *hash* criptográfica (RASJID et al., 2017), que é a resistência a colisões.

A descoberta dessas vulnerabilidades marcou o início da descontinuação do MD5 em aplicações que exigem garantias criptográficas robustas, especialmente assinaturas digitais, certificados eletrônicos e mecanismos de autenticação. Apesar disso, o algoritmo ainda pode ser encontrado em sistemas legados, repositórios de *software* e ferramentas forenses, sendo utilizado principalmente para identificação e comparação rápida de arquivos (CASEY, 2011).

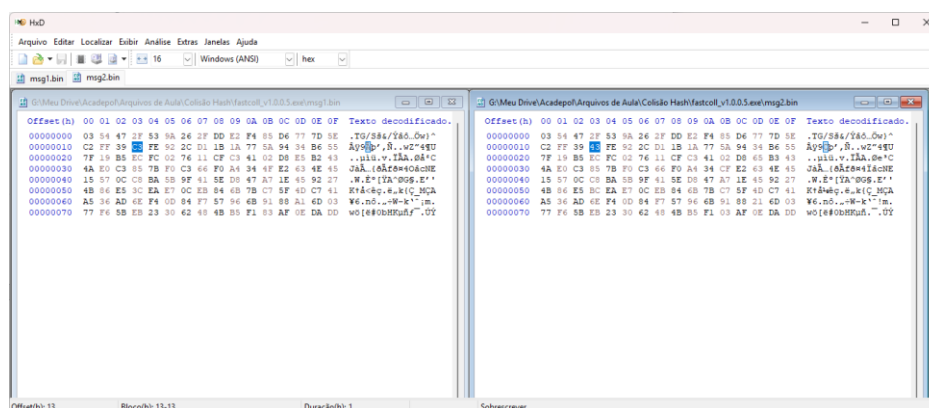
Embora continue presente em diversos ambientes computacionais, recomenda-se que o MD5 seja utilizado apenas para fins de compatibilidade ou identificação de conteúdo, sendo substituído por algoritmos mais robustos, como SHA-256 e SHA-512, em aplicações que demandam elevados níveis de segurança (NIST, 2015).

As limitações relacionadas às colisões do MD5 podem ser observadas não apenas em estudos teóricos, mas também por meio de experimentos práticos. Para ilustrar esse comportamento, foi realizado um ensaio experimental utilizando a ferramenta *FastColl*, capaz de gerar colisões controladas para o algoritmo MD5.

Ensaio Experimental de Colisão MD5

Com o objetivo de demonstrar, na prática, as limitações do algoritmo MD5, foi realizado um ensaio experimental utilizando a ferramenta *FastColl*, desenvolvida no contexto do projeto *HashClash* para geração controlada de colisões em algoritmos *hash* (STEVENS, 2017).

Figura 4 - Arquivos binários gerados pelo FastColl com conteúdo distintos



Fonte: elaborado pelo autor.

Durante o experimento foram gerados dois arquivos binários distintos, denominados *msg1.bin* e *msg2.bin* (Figura 4). Embora apresentassem conteúdos diferentes, ambos produziram exatamente o mesmo valor *hash* MD5, caracterizando uma colisão criptográfica real. A análise hexadecimal evidenciou diferenças em múltiplos *offsets*, confirmando que os arquivos não eram idênticos. As divergências observadas estão apresentadas na Tabela 2.

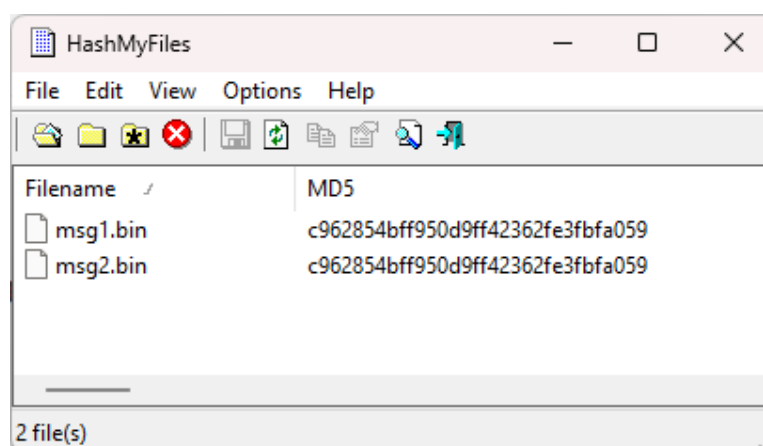
Tabela 2 - Diferenças observadas entre os arquivos *msg1.bin* e *msg2.bin* gerados pelo *FastColl*.

Offset (Hexadecimal)	msg1.bin	msg2.bin
0x13	FC	43
0x2D	02	76
0x53	BA	BC
0x6D	88	01

Fonte: Elaborado pelo autor.

Após a geração dos arquivos, foi realizado o cálculo dos respectivos *hashes* MD5 utilizando a ferramenta de verificação de integridade *HashMyFiles*. Os resultados demonstraram que ambos produziram exatamente o mesmo resumo criptográfico, apesar das diferenças identificadas em seus conteúdos.

Figura 5 - Resultado do cálculo MD5 dos arquivos gerados no experimento.



Fonte: Elaborado pelo autor.

O valor *hash* obtido para ambos os arquivos foi: c962854bff950d9ff42362fe3fbfa059. A comparação dos arquivos e dos respectivos

hashes demonstra experimentalmente uma colisão MD5, evidenciando uma das principais fragilidades do algoritmo. Os resultados corroboram os estudos que levaram à descontinuação do MD5 em aplicações que exigem garantias criptográficas robustas, reforçando a adoção de algoritmos mais seguros, como SHA-256 e SHA-512 (RASJID et al., 2017; NIST, 2015).

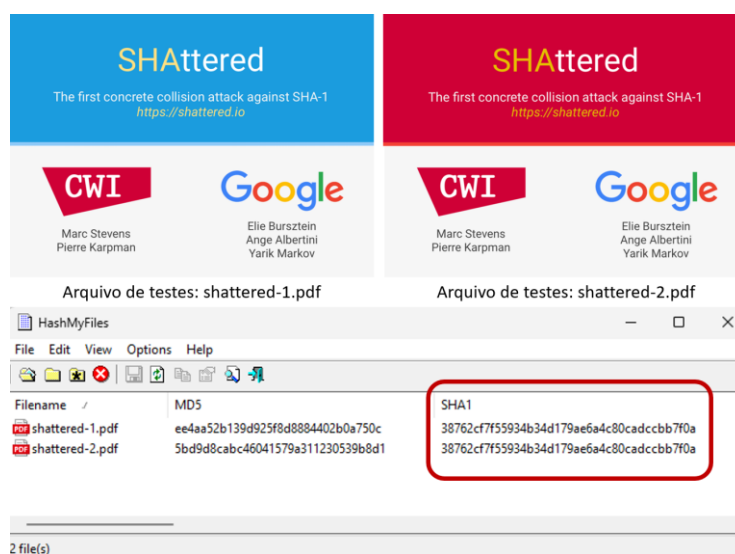
Portanto, embora o MD5 possua colisões conhecidas e demonstradas experimentalmente, estas resultam de cenários controlados e ataques especificamente projetados em laboratório. Em aplicações rotineiras de verificação de integridade, tais colisões acidentais permanecem desconhecidas e até mesmo improváveis.

SHA-1 (Secure Hash Algorithm 1)

O SHA-1 foi desenvolvido pela NSA (*National Security Agency*), que é uma das agências de inteligência dos Estados Unidos vinculada ao Departamento de Defesa. Ele foi padronizado pelo NIST (*National Institute of Standards and Technology*) em 1995, produzindo resumos criptográficos de 160 *bits* representados por 40 caracteres hexadecimais. Durante muitos anos foi amplamente utilizado em certificados digitais, assinaturas eletrônicas, protocolos de segurança e mecanismos de autenticação.

Apesar de apresentar maior resistência que o MD5, pesquisas criptográficas demonstraram vulnerabilidades relacionadas à resistência a colisões. O marco mais significativo ocorreu em 2017, quando o projeto *SHattered* demonstrou a primeira colisão prática do algoritmo por meio da construção de dois arquivos PDF distintos que produziam exatamente o mesmo valor SHA-1 (STEVENS et al., 2017).

Figura 6 - Arquivos PDF distintos com o mesmo hash SHA-1.



Fonte: adaptado de Stevens et al. (2017)]

A demonstração (Figura 6) confirmou a inadequação do SHA-1 para aplicações criptográficas modernas, motivando sua substituição pelos algoritmos da família SHA-2. Atualmente, seu uso é restrito principalmente a sistemas legados e bases históricas de dados.

Assim como o MD5, o algoritmo SHA1 também se mostrou deficiente no quesito colisão. Contudo, a observação assinalada para o MD5 também atende o SHA1, ou seja, a colisão foi produzida em laboratório controlado. Portanto não há notícias deste problema durante a sua utilização cotidiana.

SHA-256

O SHA-256 pertence à família SHA-2 e produz resumos criptográficos de 256 *bits*, representados por 64 caracteres hexadecimais. Atualmente é um dos algoritmos *hash* mais utilizados em aplicações de segurança da informação devido à sua robustez e à inexistência de colisões práticas conhecidas (NIST, 2015).

Figura 7 - Exemplo de geração de hash SHA-256



Fonte: elaborada pelo autor.

O algoritmo é amplamente empregado em certificados digitais, protocolos HTTPS/TLS, assinaturas eletrônicas, distribuição de *software*, sistemas operacionais e ferramentas de computação forense. Também possui papel relevante em tecnologias baseadas em *blockchain* e criptomoedas.

O SHA-256 é empregado no processo de mineração (*Proof of Work*) da rede *Bitcoin*, no qual os mineradores realizam sucessivos cálculos de *hash* para encontrar um valor que satisfaça os critérios de dificuldade definidos pela rede. Além disso, o algoritmo

é utilizado na geração de identificadores de blocos (*block hashes*), na vinculação criptográfica entre blocos da *blockchain* e na proteção da integridade das transações.

Em razão de sua elevada resistência criptográfica e ampla adoção pela indústria, o SHA-256 é atualmente recomendado para a maioria das aplicações que exigem verificação de integridade e proteção de dados, inclusive em exames forenses.

SHA-512

O SHA-512 também pertence à família SHA-2 e produz resumos criptográficos de 512 *bits*, representados por 128 caracteres hexadecimais. O aumento do tamanho do *hash* proporciona uma margem adicional de segurança contra ataques de colisão e força bruta (NIST, 2015).

Figura 8 - Comparação entre os tamanhos dos principais algoritmos hash.

Algoritmo	Tamanho do Hash (bits)	Representação Hexadecimal	Exemplo de Hash (início...)
 MD5	128 bits 	32 caracteres (16 bytes)	d41d8cd98f00b204e9800998ecf8427e (32 caracteres)
 SHA-1	160 bits 	40 caracteres (20 bytes)	da39a3ee5e6b4b0d3255bfef95601890 afd80709 (40 caracteres)
 SHA-256	256 bits 	64 caracteres (32 bytes)	3f79bb7b435b05321651daef374cd21 9b8f1c6e8b6e5b9e2f7d7c4a8e9f2b24... (64 caracteres)
 SHA-512	512 bits 	128 caracteres (64 bytes)	8e959b75dae313da8cf4f72814fc143f 8f7779c6eb9f7fa17299d0a6c3f2b5e0... (128 caracteres)

Fonte: elaborado pelo autor.

Este algoritmo é amplamente utilizado em ambientes corporativos, governamentais e aplicações que demandam elevados níveis de segurança. Em computação forense, pode ser empregado de forma complementar ao SHA-256 para reforçar a validação de integridade de evidências digitais.

Embora o SHA-256 seja suficiente para a maioria dos cenários atuais, o SHA-512 permanece como uma das funções *hash* mais robustas disponíveis para aplicações que exigem elevados níveis de proteção criptográfica.

Aplicações das Funções Hash e Discussão

As funções *hash* criptográficas são amplamente utilizadas para verificação de integridade, autenticação de dados e identificação de arquivos em diferentes contextos

computacionais. Na distribuição de *software*, por exemplo, os valores *hash* permitem validar a integridade de arquivos disponibilizados para *download*, enquanto em assinaturas digitais e certificados eletrônicos são empregados para garantir a integridade das informações transmitidas (STALLINGS, 2015).

Na forense computacional, os *hashes* são utilizados para identificação e comparação de evidências digitais adquiridas para exame. Durante a aquisição de mídias e a análise de arquivos, o cálculo e a verificação dos resumos criptográficos permitem confirmar que os dados examinados permanecem inalterados ao longo do processo pericial (CASEY, 2011), inclusive para comparação futura em caso de necessidade de contraprova.

Contudo, a evolução da análise criptográfica demonstrou que nem todos os algoritmos oferecem o mesmo nível de confiança e segurança. As colisões identificadas nos algoritmos MD5 e SHA-1 evidenciaram limitações importantes relacionadas à resistência criptográfica, motivando sua substituição gradual por algoritmos mais robustos (RASJID et al., 2017).

Para exemplificar a utilização prática das funções *hash*, destaca-se o FTK (*Forensic Toolkit*), amplamente empregado na aquisição de imagens forenses de dispositivos de armazenamento (disco rígido, *pen drive*, disco de estado sólido). Ao término da aquisição, a ferramenta calcula os *hashes* MD5 e SHA-1 da mídia original e da cópia forense produzida. A adoção simultânea desses algoritmos permite a validação cruzada da integridade da evidência digital, uma vez que qualquer alteração no conteúdo examinado produz valores *hash* distintos, em decorrência das propriedades criptográficas dessas funções, especialmente o efeito avalanche.

Assim, os resultados obtidos no ensaio experimental realizado neste trabalho reforçam essas limitações, mas não anulam as suas importâncias históricas e aplicabilidade. A geração de dois arquivos distintos produzindo o mesmo valor MD5 ou SHA1 demonstrou, na prática, a existência de colisões exploráveis em laboratório e confirmou vulnerabilidades já documentadas na literatura especializada.

Diante desse cenário, recomenda-se a utilização de algoritmos modernos da família SHA-2, especialmente SHA-256 e SHA-512, que permanecem amplamente adotados e não possuem colisões práticas conhecidas até o presente momento (NIST, 2015). A adoção desses algoritmos contribui para aumentar a confiabilidade dos

mecanismos de verificação de integridade e das aplicações que dependem de garantias criptográficas robustas.

Conclusão

As funções *hash* criptográficas desempenham papel fundamental na segurança da informação, sendo amplamente utilizadas para verificação de integridade, autenticação de dados e identificação de arquivos. Ao longo deste trabalho foram apresentados os principais conceitos relacionados às funções *hash*, suas propriedades fundamentais e os algoritmos MD5, SHA-1, SHA-256 e SHA-512.

A análise realizada demonstrou que, embora MD5 e SHA-1 tenham sido amplamente utilizados durante décadas, vulnerabilidades relacionadas à resistência a colisões comprometeram sua utilização em aplicações que exigem elevados níveis de segurança. Em contrapartida, os algoritmos SHA-256 e SHA-512 permanecem amplamente recomendados, oferecendo níveis adequados de proteção para a maioria das aplicações contemporâneas.

Como contribuição prática, foi realizado um ensaio experimental utilizando a ferramenta *FastColl*, no qual dois arquivos distintos produziram exatamente o mesmo valor *hash* MD5. De maneira análoga, realizamos a comparação entre os dois PDFs do Projeto *Shattered*. Os resultados obtidos permitiram demonstrar experimentalmente as colisões criptográficas conhecidas pela doutrina, corroborando vulnerabilidades amplamente documentadas na literatura especializada.

No contexto da computação forense, as funções *hash* são ferramentas indispensáveis para a verificação de integridade e identificação de evidências digitais. Entretanto, a confiabilidade desses mecanismos depende da utilização de algoritmos atualizados e resistentes aos ataques atualmente conhecidos. Dessa forma, recomenda-se a adoção de algoritmos da família SHA-2, especialmente SHA-256 e SHA-512, em aplicações que demandam garantias criptográficas robustas.

Referências Bibliográficas

CASEY, Eoghan. Digital Evidence and Computer Crime: Forensic Science, Computers and the Internet. 3. ed. Burlington: Academic Press, 2011.

NATIONAL INSTITUTE OF STANDARDS AND TECHNOLOGY (NIST). Secure Hash Standard (SHS). FIPS PUB 180-4. Gaithersburg: NIST, 2015. Disponível em: <https://csrc.nist.gov/pubs/fips/180-4/final>. Acesso em: 9 jun. 2026.

NEXUS GMBH. HxD Hex Editor. Disponível em: <https://mh-nexus.de/en/hxd/>. Acesso em: 9 jun. 2026.

RASJID, Zulfany Erlisa; SOEWITO, Benfano; WITJAKSONO, Gunawan; ABDURACHMAN, Edi. A review of collisions in cryptographic hash function used in digital forensic tools. *Procedia Computer Science*, v. 116, p. 381–392, 2017. DOI: 10.1016/j.procs.2017.10.072.

RIVEST, Ronald L. The MD5 Message-Digest Algorithm. Internet Engineering Task Force (IETF), 1992. RFC 1321. Disponível em: <https://datatracker.ietf.org/doc/html/rfc1321>. Acesso em: 9 jun. 2026.

SANTOS, Hericson dos. ChaSAM Forensics: Uma Arquitetura para Detecção de Imagens na Forense Computacional Utilizando Hashes Perceptivos. 2024. 110 p. Dissertação (Mestrado em Ciências – Ciências de Computação e Matemática Computacional) – Instituto de Ciências Matemáticas e de Computação, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2024.

STALLINGS, William. Criptografia e Segurança de Redes: princípios e práticas. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2015.

STEVENS, Marc et al. The first collision for full SHA-1. *Centrum Wiskunde & Informatica*, 2017. Disponível em: <https://shattered.io>. Acesso em: 9 jun. 2026.

Mobilidade Inteligente: Sistema de Orientação para Deficientes Visuais

Smart Mobility: Guidance System for the Visually Impaired

Yasmin Kurahara ¹

Amadeu Zanon Neto ²

Edval Rodrigues de Viveiros ³

RESUMO

O projeto visa o desenvolvimento de um dispositivo assistivo acessível, de baixo custo e fácil utilização, destinado a auxiliar na locomoção segura de pessoas com deficiência visual. A solução proposta utiliza uma ESP32-CAM integrada a um sensor ultrassônico posicionado à frente do usuário para realizar a detecção de obstáculos e pessoas. As informações processadas pelo microcontrolador são transmitidas via Bluetooth a um aplicativo móvel desenvolvido para Android, que emite alertas sonoros e vibratórios. O dispositivo foi idealizado como uma ferramenta complementar aos recursos tradicionalmente utilizados, ampliando a segurança, a independência e a qualidade de vida dos deficientes visuais durante o deslocamento em ambientes urbanos ou domésticos. Além disso, o projeto prioriza a simplicidade na construção e na operação, visando democratizar o acesso à tecnologia assistiva para esse público e demonstrando como soluções embarcadas podem contribuir para a inclusão social.

Palavras-chave: Acessibilidade; Mobilidade segura; Tecnologia assistiva; Inclusão.

ABSTRACT

The project aims to develop an accessible, low-cost, and easy-to-use assistive device designed to assist in the safe locomotion of visually impaired people. The proposed solution uses an ESP32-CAM integrated with an ultrasonic sensor positioned in front of the user to detect obstacles and people. The information processed by the microcontroller is transmitted via Bluetooth to a mobile application developed for Android, which emits audible and vibratory alerts. The device was conceived as a complementary tool to the resources traditionally used, increasing the safety, independence, and quality of life of visually impaired people during movement in urban or domestic environments. In addition, the project prioritizes simplicity in construction and operation, aiming to democratize access to assistive technology for this audience and demonstrating how embedded solutions can contribute to social inclusion.

Keywords: Accessibility; Safe mobility; Assistive technology; Inclusion.

¹ Docente do Curso de Engenharia da Computação do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

² Professor Especialista nos cursos de Engenharia da Computação e Tecnologias do UniSALESIANO – Araçatuba/SP.

³ Professor Mestre e Doutor dos cursos de Engenharia do UniSALESIANO – Araçatuba/SP

INTRODUÇÃO

A deficiência visual é um dos principais desafios de saúde pública e inclusão social no mundo. Segundo a Organização Mundial da Saúde (OMS, 2023), mais de 2,2 bilhões de pessoas apresentam algum grau de limitação visual, sendo que cerca de 36 milhões vivem com cegueira total. No Brasil, dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2010) indicam que aproximadamente 35 milhões de brasileiros possuem algum nível de deficiência visual.

Essas limitações impactam diretamente a autonomia e a qualidade de vida das pessoas, tornando a mobilidade uma das maiores dificuldades enfrentadas. Embora dispositivos como a bengala branca e o cão-guia sejam amplamente utilizados, eles apresentam limitações quanto à detecção de obstáculos em diferentes alturas ou direções.

Com os avanços tecnológicos e a popularização da Internet das Coisas (IoT), tornou-se possível desenvolver dispositivos embarcados de baixo custo com sensores e comunicação sem fio. Assim, este trabalho propõe o desenvolvimento de um sistema de orientação inteligente, integrando hardware, firmware e um aplicativo móvel Android, a fim de oferecer uma solução prática, acessível e segura para auxiliar pessoas com deficiência visual em seu deslocamento diário.

Revisão Bibliográfica

O avanço das tecnologias assistivas tem ampliado as possibilidades de inclusão e autonomia para pessoas com deficiência visual. Métodos tradicionais, como a bengala branca, os cães-guia e o sistema Braille, embora essenciais para a mobilidade, apresentam limitações na detecção de obstáculos elevados, na percepção do ambiente e no custo de treinamento de animais. Nesse contexto, pesquisas contemporâneas têm explorado o uso de sensores, microcontroladores e sistemas embarcados como alternativas de baixo custo e maior precisão.

Estudos recentes destacam a importância dos dispositivos eletrônicos vestíveis, incluindo pulseiras e bengalas inteligentes equipadas com sensores ultrassônicos (Santana et al., 2023), capazes de identificar obstáculos a curta distância e fornecer retorno tátil, vibratório ou sonoro ao usuário. Tecnologias mais sofisticadas, como o LiDAR, oferecem mapeamento tridimensional com alta precisão

(Li, 2022; Liu et al., 2023), porém apresentam elevado custo e alto consumo energético, tornando-se inviáveis para soluções acessíveis. Já o sensor ultrassônico HC-SR04, amplamente presente em protótipos assistivos, destaca-se pela simplicidade, baixo custo e precisão adequada para navegação em ambientes internos e externos.

O uso de sistemas embarcados baseados em microcontroladores também tem crescido significativamente. Dispositivos como a ESP32-CAM reúnem processamento local, conectividade sem fio e captura de imagens, permitindo a implementação de recursos como reconhecimento facial e transmissão de dados (Pao et al., 2023). Projetos acadêmicos e institucionais — como o IRIS (UFSCar), o Luminos (UFMG) e o EyeRing (MIT) — reforçam o potencial dessas tecnologias aplicadas à mobilidade assistida, com foco na acessibilidade e no baixo custo.

Além disso, aplicativos móveis desempenham papel central em soluções assistivas modernas. Ferramentas como Be My Eyes e Seeing AI utilizam câmeras de smartphones, inteligência artificial e síntese de voz para descrever ambientes, objetos e textos, evidenciando a relevância da integração entre sensores embarcados e plataformas móveis na promoção da autonomia. O uso de módulos de síntese de fala (Text-to-Speech) e comunicação Bluetooth também contribui para a criação de sistemas acessíveis e de rápida resposta para usuários cegos ou com baixa visão.

Assim, o conjunto de estudos e tecnologias analisadas demonstra que a combinação entre sensores ultrassônicos, visão computacional, microcontroladores de baixo custo e aplicativos móveis representa atualmente o caminho mais promissor para o desenvolvimento de dispositivos assistivos. Essas soluções se destacam por oferecerem equilíbrio entre precisão, acessibilidade, simplicidade de uso e potencial de impacto social, sustentando a proposta do dispositivo apresentado neste trabalho.

Desenvolvimento

O projeto final consiste em um sistema embarcado integrado a um par de óculos, voltado ao auxílio de pessoas com deficiência visual por meio da detecção de obstáculos e do reconhecimento de pessoas. O funcionamento do sistema baseia-se em um microcontrolador ESP32-CAM, responsável por realizar a leitura de um sensor ultrassônico HC-SR04 e por capturar imagens frontais para identificar a

presença de indivíduos no campo de visão do usuário. As informações obtidas são processadas pelo microcontrolador e transmitidas via Bluetooth para um aplicativo móvel desenvolvido para o sistema Android.

O feedback ao usuário ocorre de maneira auditiva e vibratória, por meio de alertas emitidos pelo aplicativo, o que dispensa o uso de atuadores sonoros locais e garante maior clareza na comunicação. A estrutura física dos óculos foi projetada para ser leve com um peso total de 60 gramas e discreta, permitindo o acoplamento adequado dos componentes eletrônicos, como o sensor ultrassônico e o microcontrolador com câmera. O formato e o posicionamento dos elementos foram planejados para assegurar conforto durante o uso e precisão na detecção frontal.

A integração entre o reconhecimento visual e a leitura ultrassônica permite que o dispositivo identifique tanto a aproximação de objetos quanto a presença de pessoas à frente do usuário, ampliando o nível de percepção do ambiente e contribuindo para uma locomoção mais segura e autônoma. O protótipo final pode ser observado na Figura 1.

Figura 1 - Protótipo Final.



Fonte: Os autores.

O controle do protótipo foi realizado por meio de um firmware desenvolvido na plataforma Arduino IDE utilizando a linguagem C++. Para a programação da ESP32-CAM, foi implementado um modelo de reconhecimento de pessoas e rostos baseado no TensorFlow Lite, permitindo o processamento local das imagens

capturadas pela câmera sem necessidade de conexão com a internet. Essa abordagem possibilitou que o dispositivo identificasse a presença humana e a distância de obstáculos simultaneamente, integrando informações visuais e ultrassônicas de forma eficiente.

No protótipo atual, o firmware foi configurado para realizar a leitura contínua do sensor ultrassônico HC-SR04 e transmitir os dados obtidos via Bluetooth ao aplicativo móvel. Paralelamente, o módulo de visão embarcada realiza a detecção de pessoas no campo de visão da câmera, gerando alertas complementares que aprimoram a percepção do ambiente pelo usuário. Dessa forma, o feedback ocorre exclusivamente por meio do aplicativo, que interpreta as informações recebidas e emite os alertas de voz e vibratórios.

O desenvolvimento do aplicativo móvel foi realizado por meio da plataforma MIT App Inventor, a qual possibilita a construção de aplicações para dispositivos Android utilizando programação visual em blocos. A escolha dessa ferramenta justificou-se pela sua praticidade, rapidez de prototipagem e compatibilidade com os objetivos do projeto.

Na etapa inicial, definiu-se a interface gráfica do usuário no ambiente Designer. A tela principal foi estruturada de maneira simplificada, contendo um rótulo destinado a exibir o status da conexão Bluetooth, um botão responsável por estabelecer e encerrar a conexão com o módulo de comunicação da ESP32-CAM, bem como um campo de exibição para apresentar os valores recebidos a partir do microcontrolador. Além disso, foram integrados os componentes TextToSpeech e Sound, encarregados de converter os dados recebidos em mensagens sonoras de alerta e sinais vibratórios.

Posteriormente, procedeu-se à configuração da comunicação Bluetooth utilizando o componente BluetoothClient. Esse recurso permitiu que o aplicativo realizasse o pareamento com a ESP32-CAM, viabilizando a recepção contínua dos dados processados pelo sistema embarcado. Após o estabelecimento da conexão, o aplicativo passou a interpretar os valores transmitidos e a convertê-los automaticamente em mensagens de voz e sinais vibratórios, emitidos em tempo real. A lógica de funcionamento foi implementada na aba Blocks, onde foram elaborados comandos para leitura constante das informações recebidas, exibição dos valores na tela do dispositivo móvel e acionamento para emissão dos alertas.

Por fim, foram realizados testes em um dispositivo Android conectado à ESP32-CAM. Os resultados demonstraram que o aplicativo apresentou funcionamento satisfatório, com tempo de resposta praticamente instantâneo entre a detecção do obstáculo/pessoa e a emissão dos alertas. Tal desempenho atendeu aos requisitos definidos na metodologia, garantindo ao usuário retorno imediato e de fácil compreensão.

Dessa forma, a implementação do aplicativo consolidou-se como um elo de comunicação eficaz entre o protótipo e o usuário, dispensando a utilização de atuadores físicos adicionais e centralizando o feedback no próprio smartphone, o que proporcionou maior praticidade, portabilidade e flexibilidade ao sistema proposto.

Testes preliminares foram realizados para validar a integração entre os módulos, observando tempo de resposta, estabilidade da comunicação Bluetooth, precisão das medições ultrassônicas e desempenho do reconhecimento via TensorFlow Lite. Os resultados demonstraram que a interação entre hardware, firmware e aplicativo funcionou de forma eficiente, garantindo um sistema responsivo, portátil e adequado às necessidades de mobilidade assistiva para pessoas com deficiência visual.

Resultados

Os resultados obtidos com o protótipo desenvolvido demonstraram o funcionamento adequado do sistema proposto e confirmaram o atendimento aos objetivos definidos no projeto. Os testes abrangeram a análise do desempenho do sensor ultrassônico, do módulo de reconhecimento facial integrado à ESP32-CAM e da comunicação via Bluetooth com o aplicativo móvel, permitindo avaliar o comportamento do conjunto em condições reais de operação.

Durante os ensaios realizados em ambiente interno, com iluminação controlada e obstáculos posicionados a distâncias conhecidas, o sensor HC-SR04 apresentou medições estáveis dentro da faixa de 10 centímetros a 1,30 metros, com margem de erro média inferior a três centímetros em superfícies planas. Observou-se que superfícies inclinadas ou pouco refletivas provocaram pequenas variações, porém sem prejuízo à funcionalidade do sistema. O tempo médio de resposta entre

a detecção e o envio dos dados ao aplicativo foi de aproximadamente um segundo, o que garantiu um alerta rápido e eficiente para o usuário.

O reconhecimento facial implementado na ESP32-CAM apresentou desempenho satisfatório em ambientes bem iluminados, sendo capaz de identificar a presença de pessoas no campo de visão do usuário com boa precisão. Quando a iluminação foi reduzida ou havia contraste elevado entre luz e sombra, a taxa de acerto diminuiu, o que está de acordo com as limitações ópticas do sensor de imagem utilizado. Mesmo assim, a função de reconhecimento visual mostrou-se eficaz como complemento ao sensor ultrassônico, uma vez que permitiu diferenciar obstáculos inanimados da presença humana, ampliando a percepção do ambiente e tornando o aviso mais contextualizado.

A comunicação Bluetooth entre a ESP32-CAM e o aplicativo Android manteve-se estável em um raio de até três metros, sem perdas significativas de dados. O aplicativo recebeu corretamente as mensagens transmitidas e emitiu alertas imediatos, demonstrando boa sincronização entre hardware e software. O tempo total de resposta, desde a leitura do sensor ou o reconhecimento facial até a reprodução do aviso sonoro, manteve-se suficientemente curto para uso prático, proporcionando ao usuário feedback quase instantâneo. Em situações em que o sensor detectava distâncias muito curtas de forma contínua, o aplicativo chegou a acumular mensagens, fato posteriormente ajustado no firmware para que o alerta fosse emitido apenas quando houvesse mudança de estado, evitando repetições desnecessárias.

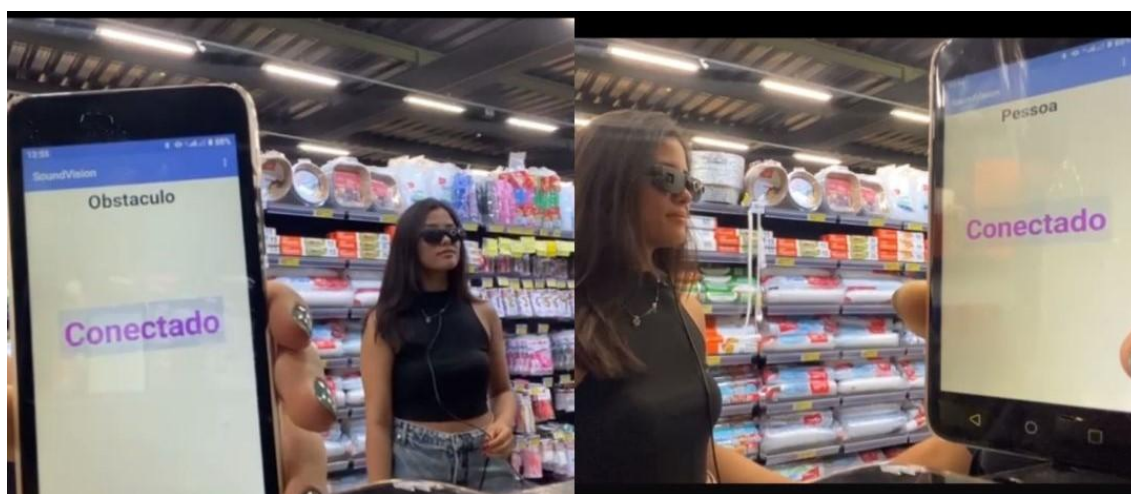
A autonomia energética do dispositivo foi avaliada com o uso de uma fonte portátil de cinco volts. O sistema manteve-se funcional por cerca de duas horas em uso contínuo, tempo considerado satisfatório para trajetos curtos e deslocamentos cotidianos em ambientes internos. O design leve e ergonômico dos óculos contribuiu para o conforto do usuário durante os testes, enquanto o posicionamento do sensor levemente inclinado para baixo, entre dez e quinze graus, proporcionou melhor leitura da trajetória e reduziu a incidência de detecções incorretas do teto.

Além dos testes realizados em ambiente controlado, também foram conduzidos ensaios em ambiente real, com o objetivo de avaliar o comportamento do protótipo em situações dinâmicas e semelhantes ao uso cotidiano. Para isso, o sistema foi testado no interior de um mercado, ambiente que apresenta circulação

constante de pessoas, obstáculos fixos e móveis, além de variações naturais de iluminação.

Durante esses testes, o sensor ultrassônico demonstrou capacidade de identificar corretamente prateleiras, carrinhos e objetos posicionados no trajeto, mantendo tempo de resposta adequado e medições consistentes. A emissão de alertas sonoros e vibratórios pelo aplicativo ocorreu de forma clara, permitindo ao usuário interpretar rapidamente a proximidade de obstáculos em movimento ou estacionários. O reconhecimento facial também foi avaliado durante a circulação pelo corredor do mercado. A ESP32-CAM foi capaz de identificar a presença humana quando uma pessoa se aproximava frontalmente, ativando o processamento apenas quando a distância detectada pelo sensor era inferior a um metro. Em condições de iluminação artificial uniforme, o reconhecimento apresentou desempenho satisfatório, mesmo com movimentação moderada dos indivíduos. A aplicação prática do protótipo durante os testes pode ser vista na Figura 2.

Figura 2 - Resultados em ambiente real com o protótipo.



Fonte: Produção dos autores.

Os testes em ambiente real mostraram que o sistema consegue operar fora das condições controladas de laboratório, preservando estabilidade na comunicação Bluetooth, precisão adequada e resposta rápida, reforçando o potencial de aplicação do dispositivo como recurso assistivo em contextos cotidianos.

Discussão

Os resultados obtidos validam a proposta como uma solução viável, eficiente e acessível no contexto das tecnologias assistivas. O desempenho do sensor

ultrassônico demonstrou ser suficiente para aplicações de mobilidade pessoal, confirmando sua adequação a sistemas embarcados de baixo custo. A integração entre o módulo de detecção e o reconhecimento facial ampliou a funcionalidade do dispositivo, permitindo uma resposta inteligente e contextualizada.

A estratégia de ativação condicional da câmera destacou-se como uma solução eficaz para reduzir o consumo de energia e o aquecimento da placa, problema recorrente em dispositivos baseados na ESP32-CAM. O uso do MIT App Inventor também se mostrou vantajoso, pois simplifica o desenvolvimento de aplicativos acessíveis sem necessidade de programação avançada, tornando o sistema mais democrático e replicável em contextos educacionais e sociais.

A análise dos resultados evidencia que o sistema desenvolvido apresenta baixo custo e alta utilidade, unindo simplicidade técnica e eficiência prática. Essa relação demonstra o potencial da engenharia aplicada à acessibilidade, ao viabilizar dispositivos funcionais e acessíveis sem comprometer o desempenho. A proposta confirma que soluções baseadas em tecnologias embarcadas de baixo custo podem alcançar resultados expressivos, ampliando as possibilidades de autonomia e inclusão para pessoas com deficiência visual.

De forma geral, a discussão dos resultados evidencia que a combinação entre simplicidade técnica, custo reduzido e eficiência funcional é o caminho mais promissor para a criação de dispositivos de apoio à mobilidade de pessoas com deficiência visual, sem comprometer o conforto e a praticidade do usuário.

Conclusão

O desenvolvimento deste trabalho teve como propósito criar um dispositivo assistivo capaz de ampliar a autonomia e a segurança de pessoas com deficiência visual, unindo sensores de detecção e reconhecimento de imagem em um sistema embarcado compacto e de baixo custo. A proposta foi concretizada por meio da integração entre a placa ESP32-CAM, o sensor ultrassônico HC-SR04 e um aplicativo Android, que juntos formam uma solução funcional e acessível.

A escolha da ESP32-CAM foi determinante para o êxito do projeto, uma vez que essa plataforma possibilita a execução de múltiplas funções em um único hardware, incluindo a captura de imagens, o processamento local e a comunicação Bluetooth. Essa versatilidade permitiu associar a detecção de obstáculos à identificação de pessoas ou rostos, oferecendo ao usuário um retorno mais preciso

sobre o ambiente ao seu redor. A comunicação com o aplicativo móvel mostrou-se eficiente, garantindo a emissão imediata de alertas sonoros e vibratórios.

Durante a construção do protótipo, foram enfrentados desafios técnicos significativos, como o superaquecimento da placa, a diferença de tensão entre os componentes e a sensibilidade excessiva do sensor ultrassônico. Esses problemas levaram à reestruturação do firmware, à implementação de um divisor de tensão e à criação de filtros de leitura que reduziram ruídos e evitaram falsos alertas. Também foram realizados ajustes no design físico dos óculos, buscando um equilíbrio entre ergonomia e funcionalidade, de modo que o dispositivo pudesse ser utilizado sem causar desconforto ao usuário.

Os resultados obtidos demonstraram que o sistema atende aos objetivos propostos, apresentando medições estáveis, reconhecimento de pessoas e comunicação confiável. A estratégia de ativar a câmera apenas quando o obstáculo se encontra a menos de um metro mostrou-se eficaz para reduzir o consumo de energia e o aquecimento da placa, mantendo o desempenho adequado nas condições de teste.

Em síntese, o projeto alcançou seus propósitos ao comprovar que é possível desenvolver tecnologias assistivas funcionais e acessíveis com o uso de componentes de baixo custo e arquitetura aberta. O protótipo apresentou desempenho consistente e potencial para ser aprimorado com novas funcionalidades, como iluminação auxiliar, detecção de objetos e expansão do campo de detecção. A iniciativa reforça a importância de soluções tecnológicas voltadas à inclusão social, demonstrando que a inovação pode estar diretamente ligada à acessibilidade e à melhoria da qualidade de vida.

Referências

BRASIL. *Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015*. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência (Estatuto da Pessoa com Deficiência). Brasília: Presidência da República, 2015. Disponível em: https://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2015-2018/2015/lei/l13146.htm. Acesso em: 02 out. 2025.

LI, Y. *Advances in LiDAR Technology. Laser & Photonics Reviews*, v. 16, n. 12, 2022. Disponível em: <https://doi.org/10.1002/lpor.202200123>. Acesso em: 02 out. 2025.

LIU, Y. et al. *Evaluation of LiDAR Performance under Urban Scenarios. Scientific Reports*, v. 13, 2023. Disponível em: <https://www.nature.com/articles/s41598-023-28717-0>. Acesso em: 10 out. 2025.

ORGANIZAÇÃO MUNDIAL DA SAÚDE (OMS). *Blindness and Vision Impairment*. Genebra: World Health Organization, 2023. Disponível em: <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/blindness-and-visual-impairment>. Acesso em: 10 out. 2025.

PAO, L. Y. et al. *Challenges of LiDAR in Adverse Weather. Sensors*, v. 23, n. 5, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.3390/s23052462>. Acesso em: 12 out. 2025.

SANTANA, M. et al. *Ultrasonic Wearable Devices for the Mobility of the Visually Impaired. Journal of Assistive Technologies*, v. 17, n. 2, 2023. Disponível em: <https://doi.org/10.1108/JAT-09-2022-0023>. Acesso em: 20 out. 2025.

SANTOS, J. P. dos; OLIVEIRA, R. C. *Saúde e Acessibilidade: A Realidade dos Deficientes Visuais no Brasil*. In: *Congresso Internacional de Educação*, 2021, Uberlândia. Anais [...]. Uberlândia: Proceedings, 2021. Disponível em: <https://periodicos.ufu.br/congressoseducacao>. Acesso em: 20 out. 2025.

UNIVERSIDADE DO VALE DO ITAJAÍ (UNIVALI). *IBGE aponta que mais de 6 milhões de pessoas têm deficiência visual no Brasil*. Itajaí, 2022. Disponível em: <https://www.univali.br/noticias/deficiencia-visual-no-brasil>. Acesso em: 25 out. 2025.

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS (UFMG). *Projeto Luminos: Tecnologia e Inclusão para Pessoas com Deficiência Visual*. Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://ufmg.br/comunicacao/noticias/projeto-luminos-tecnologia-e-inclusao>. Acesso em: 02 nov. 2025.

Oficina Permanente de Roteiro e Storyboard

Estratégia interdisciplinar de formação no CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO

Permanent Scriptwriting and Storyboarding Workshop: An Interdisciplinary Educational Strategy for the Digital Games Technology Program at UniSALESIANO

Francis Martins de Souza¹

Hercules Farnesi da Costa Cunha²

Maria Aparecida Teixeira Bicharelli³

RESUMO

Este artigo relata e analisa a experiência da Oficina Permanente de Criação de Roteiro e Storyboard, desenvolvida desde 2020 no Curso Superior de Tecnologia (CST) em Jogos Digitais do UniSALESIANO, campus de Araçatuba/SP, no âmbito da disciplina Story Board e Roteiro. Trata-se de um relato de experiência de natureza qualitativa, com abordagem descritivo-exploratória, fundamentado no acompanhamento longitudinal (2020–2025) de uma prática extensionista voltada à produção de livros físicos e/ou digitais de contos infantis, ilustrados por storyboards produzidos pelos próprios discentes e passíveis de conversão em jogos digitais. Discutem-se os fundamentos teóricos da narrativa e da roteirização (Field, Howard e Mabley, Saraiva e Cannito, entre outros), o percurso metodológico da oficina planejamento, produção textual, desenho gestual e prototipagem em motor de jogos, incluindo a geração das ilustrações dos storyboards por meio de inteligências artificiais generativas baseadas em modelos de difusão, sob curadoria humana dos docentes e discentes, e a apresentação final dos projetos em arquivos PDF diagramados no formato de revistas em quadrinhos. Discutem-se também os resultados obtidos, com destaque para o livreto de três histórias concluído em 2025. Conclui-se que a iniciativa consolida a interdisciplinaridade entre roteiro, desenho e programação, fortalece a formação profissional dos discentes e contribui para a visibilidade institucional do curso em um mercado de jogos digitais em expansão.

Palavras-chave: Jogos Digitais. Roteiro. Storyboard. Ensino Superior. Interdisciplinaridade.

ABSTRACT

This paper reports and analyzes the experience of the Permanent Screenwriting and Storyboard Creation Workshop, developed since 2020 within the Digital Games Technology Program (CST) at UniSALESIANO, Araçatuba campus, as part of the Storyboard and Screenwriting course. This is a qualitative experience report with a descriptive-exploratory approach, based on the longitudinal monitoring (2020–2025) of an extension activity aimed at producing physical and/or digital children's story books, illustrated with storyboards created by the students themselves and

¹ Professor Doutor no Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais, UniSALESIANO - Araçatuba/SP. Coordenador do Projeto de Extensão.

² Professor Mestre do Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais, UniSALESIANO - Araçatuba/SP.

³ Coordenadora do Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais, UniSALESIANO — Araçatuba/SP.

suitable for conversion into digital games. The paper discusses the theoretical foundations of narrative and screenwriting (Field, Howard and Mabley, Saraiva and Cannito, among others), the workshop's methodological path planning, textual production, gestural drawing and prototyping in a game engine, including the generation of storyboard illustrations through generative artificial intelligence based on diffusion models, under human curation by instructors and students, and the final presentation of the projects as PDF files laid out in comic-book format. It also discusses the results obtained, highlighting the three-story booklet completed in 2025. It concludes that the initiative consolidates the interdisciplinarity between screenwriting, drawing and programming, strengthens students' professional training, and contributes to the institutional visibility of the program in an expanding digital games market.

Keywords: Digital Games. Screenwriting. Storyboard. Higher Education. Interdisciplinarity.

INTRODUÇÃO

O mercado de jogos digitais figura, há mais de uma década, entre os setores criativos de maior crescimento no mundo, impulsionado tanto pela ampliação do acesso a dispositivos móveis e de computação pessoal quanto por mudanças de comportamento do consumidor, como o aumento do tempo de permanência em casa observado durante a pandemia de COVID-19. Levantamento da consultoria Superdata, do grupo Nielsen, indicou que os gastos globais com jogos digitais alcançaram a marca recorde de US\$ 10 bilhões em um único mês em março de 2021, evidenciando a solidez econômica do setor e a consequente demanda por profissionais capacitados em suas diferentes frentes, programação, arte, design e, de modo especialmente relevante para este trabalho, roteiro e storyboard.

No campo da formação superior em Jogos Digitais, a disciplina de Roteiro e Storyboard cumpre papel estratégico: é nela que os discentes aprendem a estruturar narrativas, a definir personagens e conflitos e a traduzir ideias em sequências visuais que, posteriormente, orientarão a produção artística e a programação de um jogo. Entretanto, a experiência docente acumulada ao longo de diversos semestres letivos no CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO revelou que o ementário regular da disciplina, ministrada na modalidade EAD, não esgotava as demandas de aprofundamento prático manifestadas pelos próprios estudantes, sobretudo no que se refere às técnicas de desenho gestual e à transposição da narrativa escrita para a linguagem do storyboard.

Diante desse cenário, desde 2020 vem sendo desenvolvida, de forma complementar à disciplina regular, uma oficina de extensão dedicada à criação de contos

infantis e à sua roteirização e ilustração, com vistas à eventual conversão dessas histórias em jogos digitais voltados ao público infantil. O presente artigo tem como objetivo relatar e discutir essa trajetória da primeira edição da oficina, em 2020, até a produção, em 2025, de um livreto com três histórias completas, situando-a teoricamente no campo dos estudos de roteiro e narrativa e evidenciando sua contribuição para a formação interdisciplinar dos futuros profissionais de jogos digitais.

Este artigo está organizado da seguinte forma: a seção 2 apresenta o referencial teórico sobre roteiro, storyboard e o mercado de jogos digitais; a seção 3 descreve o percurso metodológico da oficina, incluindo público-alvo, planejamento e plano de ação; a seção 4 apresenta e discute os resultados obtidos entre 2020 e 2025; e a seção 5 traz as considerações finais e os desdobramentos propostos para a continuidade do projeto.

REFERENCIAL TEÓRICO

O mercado de jogos digitais e a formação de profissionais

A expansão do mercado de jogos digitais tem sido acompanhada de uma crescente diversificação das competências exigidas dos profissionais da área. Segundo dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), cerca de 17% da população brasileira tem entre zero e doze anos de idade, o que configura um público expressivo e ainda pouco explorado para produtos lúdico-educativos nacionais, especialmente aqueles que aliam narrativa, ilustração e interatividade. Esse dado reforça a pertinência de projetos formativos que preparem os discentes de Jogos Digitais para atuar tanto no desenvolvimento técnico quanto na concepção criativa de conteúdos direcionados à infância.

O desenvolvimento de um jogo digital, sobretudo quando de caráter narrativo, mobiliza etapas que vão muito além da programação: a criação e a roteirização da história, a prospecção de storyboards e o desenho de personagens são frequentemente os primeiros passos de um processo que só posteriormente chega à etapa de programação propriamente dita. Por essa razão, cursos superiores de Tecnologia em Jogos Digitais têm buscado equilibrar, em suas matrizes curriculares, disciplinas de fundamentação técnica com disciplinas de fundamentação narrativa e artística.

Roteiro, narrativa e storyboard: bases teóricas

A produção de um roteiro, seja para cinema, televisão ou jogos digitais, apoia-se em uma tradição teórica consolidada. Field (2001), em obra amplamente adotada no ensino de roteiro no Brasil, propõe a estruturação da narrativa em três atos, evidenciando pontos de virada que organizam o material dramático e orientam o roteirista da ideia inicial ao texto finalizado. Howard e Mabley (1996), por sua vez, aprofundam essa perspectiva ao detalhar as ferramentas de construção da história, protagonista, antagonista, conflito, obstáculos, premissa, tensão principal e resolução, oferecendo um repertório técnico que subsidia a análise e a criação de roteiros de diferentes gêneros e extensões.

Em contraponto a uma abordagem mais normativa, Saraiva e Cannito (2004) defendem que a escrita de um roteiro é fundamentalmente um processo individual, que não se reduz a fórmulas fixas; para os autores, os manuais de roteiro devem servir como ponto de partida para que o próprio roteirista construa suas regras de criação, e não como receituários a serem seguidos de modo mecânico. Essa tensão entre estrutura e liberdade criativa é didaticamente produtiva no contexto de uma oficina voltada a discentes em formação, pois permite equilibrar o rigor metodológico necessário à conclusão de um roteiro com o espaço para a expressão autoral de cada estudante.

O storyboard, por sua vez, constitui a etapa em que a narrativa verbal é traduzida em sequência de quadros visuais, antecipando enquadramentos, movimentação de câmera e continuidade de cena antes da produção final, seja ela um filme, uma animação ou um jogo digital. No campo dos jogos, o storyboard cumpre ainda a função de comunicar às equipes de arte e programação a intenção narrativa e visual do projeto, funcionando como elo entre a concepção literária e a implementação técnica. Nesse sentido, o domínio de técnicas de desenho gestual, de poses e movimentação de personagens, de posicionamento de câmera e de sequenciamento de cena, eixos centrais da oficina aqui relatada, é condição para que o discente consiga transitar da estória escrita ao produto jogável.

A obra de referência produzida pelo docente responsável pela disciplina

Além da bibliografia de referência internacional e nacional discutida acima, a disciplina Story Board e Roteiro tem como referência bibliográfica uma obra elaborada especificamente para a área por seu docente responsável: Roteiro e Storyboard nos Jogos

Digitais: Rumos da História e Planejamento de Cenas (CUNHA, 2026), com ilustrações de Francis Martins de Souza. O livro sintetiza, em volume único, os conteúdos originalmente organizados em duas unidades de estudo, a primeira dedicada aos conceitos fundamentais de construção de roteiro (definição de localização, época, mensagem, destinação, criação e requalificação de personagens, conflito, processos de narração e formatação do roteiro) e à introdução ao storyboard como planejamento de cenas; a segunda voltada à captação de som, ao registro de imagens e à iluminação como etapas complementares da produção audiovisual de uma história.

A existência dessa obra de referência autoral é relevante para a compreensão da oficina relatada neste artigo por dois motivos. Primeiro, porque evidencia que a prática extensionista não é uma iniciativa isolada, mas parte de um processo mais amplo de sistematização do conhecimento produzido pelo docente ao longo dos anos de atuação na disciplina, convertendo a experiência de sala de aula em material formalmente publicado e disponível aos discentes. Segundo, porque o próprio sumário da obra, que caminha da concepção da história e definição de personagens ao planejamento de cenas em storyboard, e deste à captação de som e imagem, reproduz, em estrutura, o percurso pedagógico adotado na oficina, reforçando a coerência entre o conteúdo teórico oferecido aos discentes e a prática de produção conduzida nos encontros presenciais/síncronos.

METODOLOGIA

Este trabalho caracteriza-se como um relato de experiência de abordagem qualitativa e caráter descritivo-exploratório, construído a partir do acompanhamento direto, pelo docente responsável, das edições da Oficina de Criação de Roteiro e Storyboard realizadas entre 2020 e 2025 no âmbito do CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO. Os dados analisados provêm da observação participante do coordenador da oficina, dos registros de planejamento pedagógico da disciplina Story Board e Roteiro e da documentação produzida para a proposta de continuidade do projeto, protocolada junto à coordenação do curso em abril de 2026.

Público-alvo e formato

A oficina é destinada, prioritariamente, aos discentes do CST em Jogos Digitais matriculados a partir do 3º termo, sendo também aberta a estudantes de outros cursos

superiores de tecnologia da instituição que manifestem interesse em aprofundar a prática de produção de livros, físicos e/ou digitais, de contos infantis acompanhados de desenho gestual, à mão livre ou por meios digitais. Os encontros ocorrem aos sábados, em datas definidas conjuntamente pelos docentes envolvidos e pelos discentes participantes, e são complementados por acompanhamento semanal via chats e fóruns virtuais, que monitoram a apresentação das atividades planejadas.

Estrutura pedagógica e carga horária

Ao final de cada ciclo, mediante observação e avaliação da produção dos discentes inscritos e presentes nas datas preestabelecidas, a coordenação do curso certifica os participantes com carga horária total de 80 horas, sendo 30 horas de encontros presenciais/síncronos e 50 horas dedicadas ao desenvolvimento das atividades entregues ao final da oficina.

Plano de ação

O planejamento pedagógico da oficina está estruturado em quatro eixos articulados, descritos a seguir.

- a) Estudo de poses, movimentação de personagens e quadro-chave — objetiva demonstrar que a observação das poses e movimentações dos personagens é fundamental para a construção sequencial dos desenhos, associada à verificação de estruturas de quadro-chave, posicionamento de câmera e sequenciamento de cena. A estratégia envolve o uso de aplicativos e mesa digitalizadora para a produção de desenhos posteriormente ampliados e compartilhados nas aulas.
- b) Técnicas de desenho artístico de formas humanas — aprofunda o conhecimento de técnicas básicas para o desenho de formas humanas, reais ou caricaturizadas, e de objetos em perspectiva, incluindo proporção áurea, esboço de cabeças e faces (frontal, perfil, olhos, narizes, bocas), traços de cartum e composição de mãos, pés, perspectivas e cenários.
- c) Construção do roteiro completo — reúne técnicas de pesquisa bibliográfica e documental que subsidiam a construção de histórias voltadas ao público infantil (0 a 14 anos), articulando definição de tema, personagens, planejamento de cenas e reflexão didático-pedagógica sobre o produto final.

A responsabilidade geral do projeto é da coordenação do curso, cabendo a um docente da disciplina Story Board e Roteiro a coordenação pedagógica da oficina. Os investimentos previstos são exclusivamente humanos, com carga de 40 horas/aula distribuídas entre dois professores ao longo do período letivo (agosto a dezembro), sem previsão de recursos financeiros ou materiais adicionais.

Produção das ilustrações e formato de apresentação dos projetos

As imagens que compõem os storyboards produzidos pelos discentes foram geradas com o apoio de inteligências artificiais generativas baseadas em modelos de difusão (diffusion models), recurso que ampliou o acesso a ilustrações de qualidade mesmo para discentes com domínio ainda incipiente do desenho manual, sem prejuízo do aprendizado das técnicas de desenho gestual trabalhadas nos módulos anteriores da oficina. A utilização dessas ferramentas foi sempre acompanhada de curadoria humana, exercida conjuntamente por docentes e discentes, responsável por selecionar, entre as imagens geradas, aquelas que melhor traduziam a intenção narrativa, a caracterização das personagens e a continuidade visual pretendida para cada cena, preservando, assim, o papel autoral do discente na concepção e na validação estética do storyboard, e não apenas na geração das imagens.

Os projetos finais foram apresentados em arquivos no formato PDF, diagramados à maneira de revistas em quadrinhos (HQ), reunindo em um único documento navegável o texto do roteiro, as ilustrações curadas do storyboard e o sequenciamento das cenas. Esse formato de entrega aproximou o produto final da linguagem de consumo já familiar ao público infantojuvenil, além de facilitar tanto a avaliação docente quanto o compartilhamento das produções entre os próprios colegas de turma e a eventual submissão do material às etapas seguintes de conversão em jogo digital.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A trajetória da oficina revela um processo de amadurecimento contínuo entre 2020 e 2025. Em 2020, ano de maior número de discentes matriculados, foi realizada a 1ª Oficina de Criação de Roteiro e Storyboard do UniSALESIANO, com a colaboração de outros dois professores do curso, sendo marcada pela participação integral dos discentes e pela certificação conjunta de estudantes e docentes. Em 2021, com uma turma reduzida,

o formato foi reorientado: identificou-se que a principal dificuldade discente não era mais a técnica de desenho, já relativamente dominada por parte da turma a partir de práticas autodidatas com aplicativos disponíveis na internet, mas sim a visualização da construção de uma narrativa que fosse simultaneamente acessível, direta e dotada de subjetividade suficiente para capturar a atenção do público.

Esse deslocamento de foco da técnica de desenho para a construção narrativa motivou, nos anos seguintes, um redirecionamento pedagógico da oficina, com produções apresentadas a cada quinze dias e crescente nível de complexidade temática, ainda que mantendo a aparência de contos infantis. Observou-se que os discentes passaram a incorporar, em suas histórias, temas de maior comprometimento humano e resultados narrativos mais maduros, sem abandonar o público-alvo infantil original.

O ponto culminante desse processo ocorreu ao final de 2025, quando a turma produziu um livreto contendo três histórias completas, direcionadas a públicos que variam do infantil ao adulto, concebidas a partir de discussões, estudos, pesquisas e análises de interesses comuns entre leitores e produtores. As três histórias foram diagramadas, impressas em papel especial e coloridas em alto padrão, constituindo o primeiro livro de histórias do CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO, material que, segundo a proposta de continuidade do projeto, poderá servir de base para a futura conversão dessas narrativas em jogos digitais.

A obra resultante, publicada em volume único sob o título “O Coelho que Pintava o Céu”, “O Vale e o Dragão” e “A Lenda da Pedra Viva” (1ª edição, 2025), reúne as três narrativas produzidas pelos nove discentes do 6º Termo envolvidos no projeto, classificando-se como livro infantil ilustrado de fantasia/aventura destinado a leitores de 4 a 10 anos, embora, como já discutido, alcance também camadas de leitura mais maduras. “O Coelho que Pintava o Céu” foi roteirizado por Lucas Pires, Lucas Torres, Tawan Teixeira e Yasmin Mendonça; “O Vale e o Dragão” e “A Lenda da Pedra Viva” foram roteirizados por Joel Henrique da Silva Alves Espírito Santo, José Vitor Vieira Luz Piva, Júlia Miranda de Aragão, Keny Willian Yazima Nishida e Tiago Yuki Yazima Carvalho. As ilustrações, produzidas com apoio de ferramentas de inteligência artificial generativa sob supervisão docente, foram assinadas por Lucas Pires e por Joel Henrique da Silva Alves Espírito Santo, enquanto o design editorial e a diagramação ficaram a cargo dos professores Francis Martins Souza e Hercules Farnesi da Costa Cunha, este último também

coordenador/orientador do projeto de extensão do qual a oficina é parte integrante. A publicação contou ainda com apoio institucional do UniSALESIANO Araçatuba, e as capas das três histórias são reproduzidas no Anexo A deste artigo.

A apresentação final dos trabalhos, realizada por meio de slides gravados e narrados pelos próprios autores, foi descrita pelo docente responsável como um momento de forte identificação emocional entre narradores e ouvintes, no qual os discentes relataram surpresa e satisfação com o resultado alcançado, muitos declararam não acreditar, inicialmente, na viabilidade de produzir uma história completa e estruturada dentro dos prazos e recursos disponíveis. Esse relato qualitativo sugere que a oficina, para além da capacitação técnica em roteiro e desenho, cumpre também uma função de fortalecimento da autoconfiança criativa dos discentes, dimensão frequentemente subestimada em currículos técnicos voltados exclusivamente à programação e ao design de jogos.

Do ponto de vista institucional, os resultados da oficina reforçam o argumento de que o CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO carece de ações de divulgação mais robustas, capazes de traduzir, para o público externo, a qualidade do produto final gerado pelos discentes. A produção de livros físicos e/ou digitais de histórias infantis, com potencial de conversão em jogos, configura-se como um diferencial competitivo do curso, sobretudo em um cenário de renovação do reconhecimento do curso junto ao Ministério da Educação (MEC), e como estratégia de captação de novos discentes em um mercado de trabalho que, conforme apontado na fundamentação teórica deste artigo, segue em expansão.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O relato aqui apresentado evidencia que a Oficina Permanente de Criação de Roteiro e Storyboard, desenvolvida desde 2020 no CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO, consolidou-se como espaço de aprofundamento didático-pedagógico complementar à disciplina regular de Story Board e Roteiro, articulando produção textual, desenho gestual e, mais recentemente, prototipagem em motor de jogos. A trajetória de seis anos, marcada por ajustes de foco pedagógico conforme as demandas identificadas junto aos discentes, culminou em 2025, na produção do primeiro livro de histórias do

curso, resultado que reforça a viabilidade e a relevância de práticas extensionistas interdisciplinares na formação de profissionais de jogos digitais.

Como desdobramento, propõe-se a continuidade do projeto ao longo do ano letivo de 2026, com apoio institucional para sua realização sistemática, de modo a consolidar a produção de contos infantis passíveis de conversão em jogos digitais como marca formativa do curso. Estudos futuros poderão avaliar, de forma mais sistemática inclusive por meio de instrumentos de coleta de dados junto aos egressos, os impactos de longo prazo dessa vivência extensionista sobre a inserção profissional dos discentes no mercado de jogos digitais.

Como limitação deste trabalho, destaca-se sua natureza de relato de experiência, fundamentado na observação do docente responsável e na documentação institucional do projeto, sem a aplicação de instrumentos formais de avaliação junto aos discentes participantes o que constitui uma agenda de pesquisa a ser desenvolvida em etapas futuras do projeto.

REFERÊNCIAS

CUNHA, Hercules Farnesi da Costa. Roteiro e storyboard nos jogos digitais: rumos da história e planejamento de cenas. Ilustrações de Francis Martins de Souza. Araçatuba: Edição do Autor, 2026. 144 p. ISBN 978-85-471-1195-3.

FIELD, Syd. Manual do roteiro: os fundamentos do texto cinematográfico. Rio de Janeiro: Objetiva, 2001.

HOWARD, David; MABLEY, Edward. Teoria e prática do roteiro. Tradução de Beth Vieira. Rio de Janeiro: Globo, 1996.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). Pesquisa Nacional por Amostra de Domicílios Contínua. Rio de Janeiro: IBGE, 2018.

SARAIVA, Leandro; CANNITO, Newton. Manual de roteiro, ou Manuel: o primo pobre dos manuais de cinema e TV. São Paulo: Conrad Editora do Brasil, 2004.

SUPERDATA RESEARCH (Nielsen Company). Digital Games and Interactive Media Market Report. Nova York: Nielsen, 2021.

UNISALESIANO. Curso Superior de Tecnologia em Jogos Digitais. Projeto para continuidade da produção de roteiro e storyboard no CST em Jogos Digitais. Araçatuba: UniSALESIANO, 2026. Documento institucional.

ANEXO A – Capas das obras produzidas na oficina

Reproduzem-se a seguir as capas das três histórias que compõem o livro *O Coelho que Pintava o Céu, O Vale e o Dragão & A Lenda da Pedra Viva*, resultado da oficina relatada neste artigo, produzido pelos discentes do 6º Termo do CST em Jogos Digitais do UniSALESIANO (2025).

Figura A1 – Capa de "*O Coelho que Pintava o Céu*"



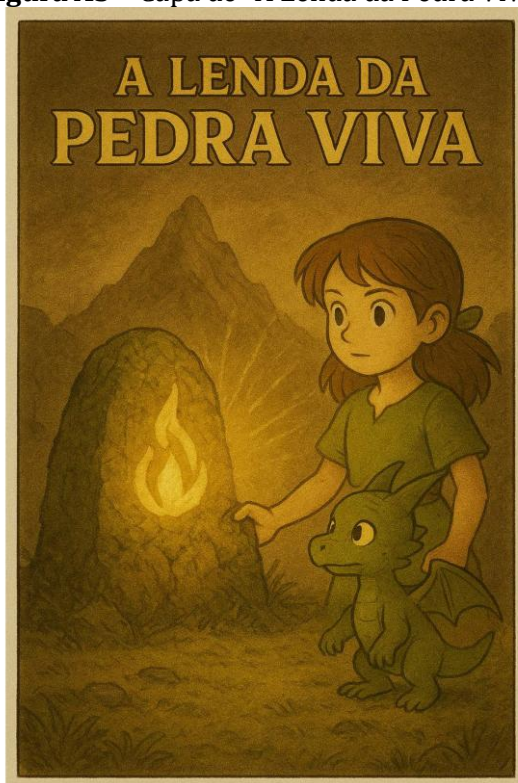
Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Figura A2 – Capa de "*O Vale e o Dragão*"



Fonte: elaborado pelos autores (2025).

Figura A3 – Capa de "A Lenda da Pedra Viva".



Fonte: elaborado pelos autores (2025).