latindex

INNOVATIO

REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA

ISSN: 2359-3377



ugv Centro Universitário

2º SEMESTRE DE 2026, ANO 13, VOLUME 2

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Revista de Tecnologia e Ciências da Terra

URL: https://book.ugv.edu.br/index.php/innovatio/index

EXPEDIENTE

UGV -CENTRO UNIVERSITÁRIO
Rua Padre Saporiti, 717–Bairro Nossa Senhora do Rocio
União da Vitória –Paraná
CEP. 84.600-904
Tel.: (42) 3522 6192

CATALOGAÇÃO

ISSN: 2359-3377

LATINDEX

Folio:25163
Folio Único:22168

CAPA

Equipe Marketing (UGV)

ESTRUTURA ORGANIZACIONAL DA REVISTA

Editora-chefe: Prof. Silmara Brietzig Hennrich (UGV)
Coeditora: Prof. Iara Cibelle Moreira (UGV)

CONSELHO EDITORIAL

Prof. Dr. João Vitor Passuello Smaniotto (UGV)
Prof. Dr. Andrey Portela (UGV)
Prof. Dra. Julia Caroline Flissak (UGV)
Prof. Lina Claudia Sant Anna (UGV)
Prof. Dra. Patrícia Manente Melhem Rosas (Campo Real)
Prof. Dra. Rafaellen Storck (UGV)

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

SUMÁRIO

A IMPORTÂNCIA DO ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRÃO (SPT) NA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO 4

AÇO VERDE: EXPLORANDO O POTENCIAL DO BAMBU COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL 12

ANÁLISE TERMODINÂMICA DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NA ENTRADA DE UMA CALDEIRA FLAMOTUBULAR EM UM CICLO RANKINE SATURADO 24

AVALIAÇÃO ANDROLÓGICA COMO FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE TOUROS PARA ESTAÇÃO DE MONTA 38

CONTROLE GEOTÉCNICO E ESTABILIDADE EM OBRAS DE TERRA: ESTUDO DE CASO PRÁTICO COM O ENSAIO DO FRASCO DE AREIA E PARÂMETROS DE PROCTOR 54

CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA *PINUS TAEDA L.* PARA A REGIÃO DE VOLTA GRANDE, NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA 62

DIRETRIZES TÉCNICO-CONSTRUTIVAS PARA O PROJETO DE UMA ESCOLA-CLÍNICA DESTINADA A CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA 76

IMPORTÂNCIA DAS COOPERATIVAS DE CRÉDITO NO FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR 90

NEUROARQUITETURA E PSICOLOGIA AMBIENTAL: A APLICAÇÃO DA TEORIA DA GESTALT NA CRIAÇÃO DE ESPAÇOS PARA NEURODIVERGENTES 102

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO E FLUXO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA HIDROMELARIA ARTESANAL 118

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS SOLOS: ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE COESÃO E ÂNGULO DE ATRITO INTERNO 131

VALORES DE REFERÊNCIA HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM CÃES GALGOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA 145

PARÂMETROS PARA UM ENSAIO DE PERCOLAÇÃO DE SOLO 156

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A IMPORTÂNCIA DO ENSAIO DE PENETRAÇÃO PADRÃO (SPT) NA INVESTIGAÇÃO GEOTÉCNICA DO SOLO

Antony Gabriel Pires dos Santos [1]
Gabriel Vitonsk Toporowicz [2]
Lisandro José Martins Alves [3]
Vanessa Estriser[4]

RESUMO: A engenharia civil moderna depende fundamentalmente do conhecimento detalhado do terreno sobre o qual as estruturas serão edificadas. A investigação geotécnica surge como uma etapa prévia obrigatória para evitar colapsos e falhas estruturais causadas pelo desconhecimento do subsolo. O Ensaio de Penetração Padrão (SPT) destaca-se como o método de prospecção do solo amplamente utilizado no Brasil, conforme amparado pela literatura técnica e regulamentado pela norma ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020). Este estudo tem como objetivo geral analisar a metodologia e a aplicabilidade prática do ensaio SPT como ferramenta principal de investigação geotécnica para caracterização do subsolo e suporte ao dimensionamento de fundações. A pesquisa classifica-se como aplicada, descritiva, qualiquantitativa, fundamentada em levantamento bibliográfico e estudo de caso hipotético. Os resultados demonstram que o ensaio fornece parâmetros essenciais, como o índice NSPT, o perfil estratigráfico e a posição do nível d'água, permitindo a definição segura e econômica dos sistemas de fundação. Conclui-se que a aplicação criteriosa da norma e a correta interpretação dos dados reduzem riscos de recalques excessivos e patologias estruturais nas edificações.

Palavras-Chave: Investigação geotécnica, Ensaio SPT, ABNT NBR 6484, Fundações, Mecânica dos solos.

ABSTRACT: Modern civil engineering relies fundamentally on detailed knowledge of the ground on which structures will be built. Geotechnical investigation emerges as a mandatory preliminary step to prevent structural failures and collapses caused by lack of subsoil awareness. The Standard Penetration Test (SPT) stands out as a widely used soil exploration method in Brazil, supported by technical literature and regulated by the ABNT NBR 6484 standard (ABNT, 2020). This study aims to analyze the methodology and practical applicability of the SPT test as a main geotechnical investigation tool for subsoil characterization and foundation design support. The research is classified as applied, descriptive, qualitative-quantitative, based on a literature review and a hypothetical case study. Results demonstrate that the test provides essential parameters such as the NSPT index, stratigraphic profile, and groundwater table position, enabling safe and cost-effective foundation selection. It is concluded that rigorous standard application and correct data interpretation reduce the risk of excessive settlement and structural pathologies in buildings.

Keywords: Geotechnical investigation, Standard Penetration Test, ABNT NBR 6484, Foundations, Soil mechanics.

1 INTRODUÇÃO

A engenharia civil moderna depende fundamentalmente do conhecimento detalhado do terreno sobre o qual as estruturas serão edificadas. Antes de iniciar qualquer projeto de construção, seja um pequeno prédio residencial ou uma grande

[1] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[2] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[3] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[4] Graduada em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela EB-PÓS, Graduada em Design de Interiores pela faculdade Censupeg.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

obra de infraestrutura urbana, é indispensável compreender o comportamento e as características físicas e mecânicas do subsolo. Nesse cenário, a investigação geotécnica surge como uma etapa prévia e obrigatória no planejamento de engenharia, visando evitar acidentes graves, colapsos e falhas estruturais causadas pelo desconhecimento do terreno (Caputo, 2015; Velloso; Lopes, 2010). A realização deste estudo justifica-se pela relevância prática e teórica do Ensaio de Penetração Padrão (SPT) como a principal ferramenta de investigação subsuperficial no Brasil, garantindo soluções econômicas e seguras para a construção civil.

A escolha inadequada do tipo de fundação ou a estimativa incorreta da capacidade de carga do subsolo configuram-se como as causas primárias de patologias geotécnicas e estruturais em edificações. Em diversos cenários da construção civil, a ausência de investigação do terreno ou a interpretação errônea dos laudos de sondagem comprometem a estabilidade da obra e provocam custos desnecessários com reforços estruturais posteriores. Diante dessa problemática, surge o seguinte questionamento: de que maneira a aplicação criteriosa e a interpretação dos parâmetros do Ensaio de Penetração Padrão (SPT) contribuem para a identificação precisa do subsolo e para o dimensionamento seguro de fundações na engenharia civil?

Diante disso, o objetivo geral deste artigo consiste em analisar a metodologia operacional e a aplicabilidade prática do Ensaio de Penetração Padrão (SPT) como ferramenta principal de investigação geotécnica para a caracterização do subsolo e suporte ao dimensionamento de fundações. Para alcançar o objetivo geral, definem-se três objetivos específicos: detalhar a sequência de execução do ensaio em conformidade com as diretrizes da norma ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020); analisar a determinação dos parâmetros obtidos, tais como o índice NSPT, o perfil estratigráfico e a localização do nível d'água; e exemplificar a aplicação desses resultados na tomada de decisão sobre o tipo de fundação por meio de um estudo de caso hipotético.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

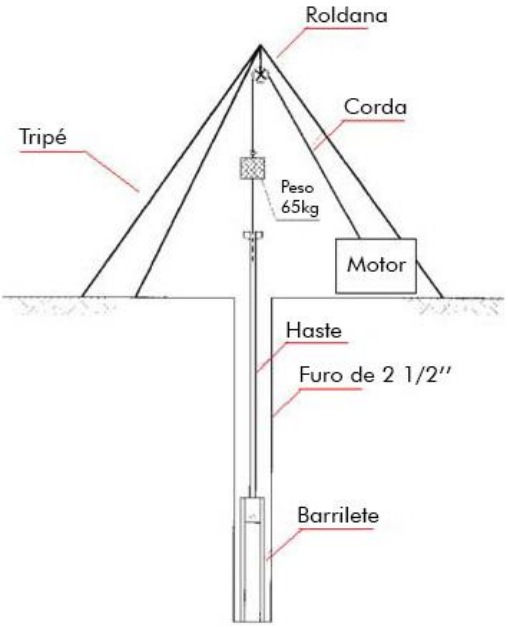
Segundo a ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020), a sondagem de simples reconhecimento com SPT é um método direto de prospecção do subsolo que permite determinar a estratigrafia, a resistência dinâmica à penetração e a profundidade do nível do lençol freático. Na geotecnia, os ensaios de campo fornecem subsídios

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

primários indispensáveis para correlacionar a teoria da mecânica dos solos com a prática de projetos estruturais e de fundações (Schnaid; Oderbrecht, 2012; Velloso; Lopes, 2010).

O Ensaio de Penetração Padrão é mundialmente reconhecido pela sigla SPT (*Standard Penetration Test*) e destaca-se pela simplicidade operacional e viabilidade econômica (Schnaid; Oderbrecht, 2012). Conforme explicitado por Velloso e Lopes (2010), o ensaio consiste no cravamento de um amostrador padronizado no fundo do furo de sondagem através de golpes sucessivos aplicados por um martelo de peso regulamentado. Com base nos estudos de Caputo (2015), observe a Figura 01, que ilustra o esquema geral dos componentes empregados na montagem do equipamento de sondagem em campo.

Figura 01: Esquema dos equipamentos para execução da sondagem SPT



Guia da Engenharia (2023).

Segundo a ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020), o sistema de sondagem exige equipamentos rigorosamente padronizados: um tripé metálico de sustentação com roldana, um martelo de cravamento com massa de 65 kg em queda livre a partir de 75 cm de altura, hastes de perfuração em aço rosqueável, amostrador padrão bipartido (tipo Raymond) com diâmetro externo de 50,8 mm e interno de 34,9 mm, além de tubos de revestimento e ferramentas para avanço da perfuração com lavagem de água.

Durante a execução do ensaio, registra-se o número de golpes necessários para cravamento de três trechos consecutivos de 15 cm do amostrador. O Índice de

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Resistência à Penetração é definido como a soma dos golpes necessários para cravar os últimos 30 cm (2º e 3º trechos), descartando-se o 1º trecho inicial de 15 cm por considerar eventuais perturbações no fundo do furo (ABNT, 2020). Além disso, o ensaio fornece a amostragem física do solo para classificação tátil-visual e o mapeamento da profundidade do Nível D'Água (NA) do aquífero freático (Velloso; Lopes, 2010).

A pesquisa aplicada é aquela que tem como finalidade a obtenção de conhecimentos voltados para a prática, buscando soluções para problemas específicos e reais, já a pesquisa quantitativa caracteriza-se pelo uso de dados numéricos em sua análise, permitindo uma abordagem objetiva e mensurável dos resultados (Silva e Menezes, 2005). Nesse contexto, o presente estudo, do ponto de vista da natureza, enquadra-se como uma pesquisa aplicada, pois se caracteriza como uma busca objetiva, cujo propósito é obter conhecimentos necessários para práticas que visam solucionar problemas atuais, tendo como foco a geração de conhecimentos voltados para a resolução de questões importantes na área da engenharia civil e geotecnia. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema, configura-se como uma pesquisa qualiquantitativa, uma vez que sua análise combina a fundamentação conceitual descritiva com dados numéricos do índice NSPT e formulações aplicadas.

3.1 DEFINIÇÃO DO ESTUDO DE CASO

A pesquisa foi desenvolvida com base em livros técnicos da área de engenharia geotécnica e nas normas brasileiras vigentes, especialmente a ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020), que padroniza o procedimento de sondagem de simples reconhecimento com SPT. Com esse embasamento teórico e normativo, foi realizada a simulação técnica de um laudo de sondagem aplicado ao projeto de um edifício residencial hipotético de 4 pavimentos. O ensaio analisado foi efetuado na cota de 3,00 metros de profundidade, permitindo determinar os valores do índice NSPT e correlacioná-los com a compacidade e a capacidade de suporte do subsolo para a definição do tipo de fundação adequado.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com base na metodologia apresentada, foram realizados os cálculos e análises necessários para a obtenção dos resultados da simulação do ensaio SPT. A aplicação

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

dos procedimentos descritos permitiu avaliar o comportamento geotécnico da camada de solo estudada, possibilitando a verificação da coerência com os critérios normativos da NBR 6484 (ABNT, 2020) e com os objetivos propostos.

4.1 ANÁLISE DO ENSAIO SPT E DETERMINAÇÃO DO NSPT

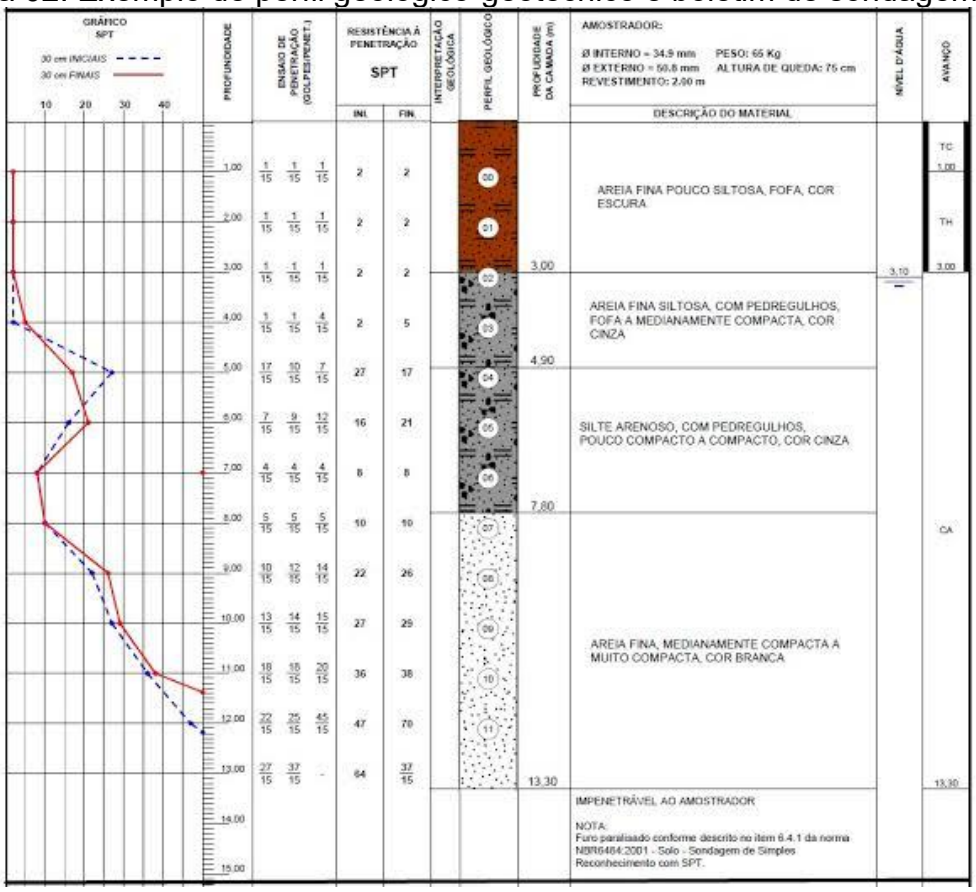
A caracterização geotécnica do subsolo foi executada por meio de ensaio de sondagem à percussão SPT, seguindo rigorosamente as prescrições e diretrizes estabelecidas pela norma NBR 6484 (ABNT,2020). O procedimento operacional do ensaio fundamenta-se na elevação e queda livre de um martelo padronizado de 65 kg caindo a uma altura de 75 cm, visando à cravação de um amostrador padrão no fundo do furo de sondagem. O processo de amostragem ocorre em cotas métricas profundas, sendo a penetração registrada em três trechos sequenciais e consecutivos de 15 cm, totalizando um comprimento amostral de 45 cm.

No caso específico da cota referente à profundidade de 3,00 metros, o cravamento do amostrador padrão forneceu as contagens do número de golpes requeridos para a penetração de cada segmento de 15 cm, que foram 1, 1 e 1 golpe. De acordo com os critérios normativos vigentes, a determinação do Índice de Resistência à Penetração NSPT é obtida a partir da soma do número de golpes necessários para a penetração dos últimos 30 cm, ou seja, a soma do segundo com o terceiro segmento do ensaio, descartando-se o primeiro trecho para eliminar solos alterados pela perfuração. A partir dessa metodologia quantitativa, tornou-se possível a determinação direta do valor de NSPT igual a 2 nessa cota.

Essa informação, associada à amostragem tátil-visual do solo recuperado do interior do amostrador, permitiu caracterizar o perfil estratigráfico e a compacidade das camadas do subsolo interceptadas, indicando que a camada superior de 0,00 m a 3,00 m é constituída por areia fina pouco siltosa, fofa e de cor escura, apresentando baixa resistência mecânica inicial e presença de nível d'água detectado logo abaixo, na cota de 3,10 metros. O detalhamento completo dos parâmetros operacionais do ensaio, a evolução do NSPT ao longo da profundidade até a paralisação do furo por critério de impenetrável aos 13,30 metros, a variação estratigráfica e o perfil gráfico representativo encontram-se sintetizados e ilustrados no boletim de sondagem apresentado na Figura 02.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 02: Exemplo de perfil geológico-geotécnico e boletim de sondagem SPT



Guia da Engenharia (2023).

A imagem é um boletim de sondagem à percussão com SPT (Standard Penetration Test), que é o documento técnico padrão utilizado na engenharia civil para apresentar os resultados do estudo de um solo.

Principais componentes apresentados no perfil:

- Dados Equipamento: Indica o uso de amostrador com diâmetro interno de 34,9 mm, externo de 50,8 mm e martelo de 65 kg caindo a 75 cm de altura, com revestimento até 2,00 m.
- Nível d'Água (N.A.): Foi identificado na profundidade de 3,10 metros.
- Resistência (N_{SPT}): Mostra a contagem de golpes para cada trecho de 15 cm e o valor final de N_{SPT} (soma dos 30 cm finais). O solo inicia muito mole/fofo ($N_{SPT} = 2$ até 3,00 m) e vai aumentando de resistência até atingir $N_{SPT} = 70$ aos 12,00 m.
- Estratigrafia (Camadas de Solo):
    - 0,00 m a 3,00 m: Areia fina pouco siltosa, fofa, de cor escura.
    - 3,00 m a 4,90 m: Areia fina siltosa com pedregulhos, fofa a medianamente compacta, cor cinza.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

- 4,90 m a 7,80 m: Silte arenoso com pedregulhos, pouco compacto a compacto, cor cinza.
- 7,80 m a 13,30 m: Areia fina, medianamente compacta a muito compacta, cor branca.

- Paralisação: O furo foi finalizado na cota de 13,30 metros por atingir a condição de impenetrável ao amostrador (critério da NBR 6484).
- Gráfico SPT: Apresenta a curva visual do número de golpes ao longo da profundidade (linha azul para os 30 cm iniciais e linha vermelha para os 30 cm finais).

4.1.1 Contagem de Golpes e Cálculo do NSPT

Na camada analisada a 3,00 metros de profundidade, registraram-se os seguintes dados de cravamento:

- 1º Trecho de 15 cm cravados: 3 golpes (desconsiderado conforme norma).
- 2º Trecho de 15 cm cravados: 5 golpes.
- 3º Trecho de 15 cm cravados: 7 golpes.

O índice de resistência NSPT é calculado somando-se os golpes do segundo e do terceiro trechos:

$$N_{SPT} = 5 + 7 = 12$$

A análise tátil-visual da amostra física coletada no amostrador bipartido identificou o solo como areia fina siltosa. Com NSPT = 12, as correlações empíricas consagradas (Caputo, 2015; Velloso; Lopes, 2010) classificam a camada como um solo de compacidade mediana. Essa constatação técnica indica que o subsolo apresenta capacidade de carga satisfatória para o assentamento de fundações diretas do tipo sapata isolada, garantindo a viabilidade estrutural e econômica do empreendimento sem a necessidade de recorrer a fundações profundas de custo elevado.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com base na análise técnica e geotécnica desenvolvida, constatou-se que o Ensaio de Penetração Padrão (SPT) atua como o principal instrumento de prospecção do subsolo no Brasil, fornecendo em uma única operação de campo os parâmetros

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

primários indispensáveis para a caracterização da resistência (NSPT), estratigrafia e nível do lençol freático segundo as exigências da ABNT NBR 6484 (ABNT, 2020).

Em síntese, o estudo evidencia que a aplicação rigorosa da norma técnica e a correta interpretação dos boletins de sondagem minimizam expressivamente os riscos de patologias graves nas edificações, tais como recalques diferenciais excessivos e trincas estruturais, assegurando o equilíbrio ideal entre viabilidade econômica e segurança geotécnica.

Dessa forma, pode-se afirmar que o presente estudo cumpriu seu objetivo ao demonstrar, de maneira técnica e aplicada, a relevância do ensaio SPT na tomada de decisão sobre o dimensionamento de fundações na engenharia civil, reforçando a necessidade da investigação prévia do terreno como etapa obrigatória no planejamento de obras.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6484**: Solo – Sondagens de simples reconhecimento com SPT – Método de ensaio. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**: Fundamentos. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015. v. 1.

GUIA DA ENGENHARIA. **Ensaio SPT**: aprenda como interpretar os resultados. 2023. Disponível em: https://www.guiadaengenharia.com. Acesso em: 9 out. 2026.

SCHNAID, Fernando; ODERBRECHT, Edgar. **Ensaio de campo e suas aplicações à engenharia de fundações**. 2. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2012.

SILVA, Edna Lúcia da; MENEZES, Estera Muszkat. **Metodologia da pesquisa e elaboração de dissertação**. 4. ed. Florianópolis: UFSC, 2005.

SOUZA, Adilson Veiga; ILKIU, Giovana Simas de Melo. **Manual de normas técnicas para trabalhos acadêmicos**. União da Vitória: Kaygangue, 2017.

VELLOSO, Dirceu de Alencar; LOPES, Francisco de Rezende. **Fundações**: Volume 1 – Profundas e Superficiais. São Paulo: Oficina de Textos, 2010.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

AÇO VERDE: EXPLORANDO O POTENCIAL DO BAMBU COMO ALTERNATIVA SUSTENTÁVEL AO AÇO NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Eduarda B. Alves[1]
Eron Brayan Aiolfi [2]
Vanessa Estriser [3]

RESUMO: A pesquisa busca fornecer alternativas viáveis para reforço estrutural, equilibrando questões econômicas, ecológicas e de segurança, investigando o uso do bambu e suas fibras como substituto do aço em estruturas de concreto. Duas vigas de concreto foram produzidas com bambu e uma com aço, permitindo análises comparativas de desempenho em flexão. O objetivo é analisar a eficácia do bambu, seco e verde. Além disso, foram criados corpos de prova com diferentes proporções de fibras para avaliar o impacto na resistência à compressão. Os resultados evidenciaram que é possível fazer a substituição com cautela, mas é necessário mais estudo sobre.

Palavras-Chave: Fibra de bambu. Resistência. Flexão. Concreto. Experimento.

ABSTRACT: This research seeks to provide viable alternatives for structural reinforcement by balancing economic, ecological, and safety considerations, investigating the use of bamboo and its fibers as a substitute for steel in concrete structures. Two concrete beams were produced using bamboo, and one using steel, allowing for a comparative analysis of their flexural performance. The objective is to evaluate the effectiveness of both dried and green (fresh) bamboo. Furthermore, test specimens with varying proportions of fibers were created to assess their impact on compressive strength. The results indicate that such a substitution is possible, provided it is approached with caution; however, further study is required.

Keywords: Bamboo fiber. Strength. Flexure. Concrete. Experiment.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil permite desenvolver o bem-estar da sociedade, criando lares, desenvolvendo economicamente um local a partir de infraestrutura e edificações. Além de promover a educação por meio da criação de escolas, e diversos outros aspectos que fazem da construção civil um elemento essencial para o desenvolvimento de uma nação (SIENGE, 2022).

Entretanto, apesar desse papel de extrema importância, a construção civil gera inúmeros malefícios para o meio ambiente, dentre os quais pode-se ressaltar a destruição dos recursos naturais, principalmente provenientes da mineração (como o ferro), ou a produção de cimento e concreto que gera poluição atmosférica, maximizando o efeito estufa, entre outros problemas.

[1] Graduada em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[2] Graduado em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pelo Instituto Sul Paranaense de Altos Estudos e mestrando em Métodos Numéricos em Engenharia pela Universidade Federal do Paraná. Professor pela UGV Centro Universitário.
[3]Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Vale do Iguaçu, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela EB-PÓS, Graduada em Design de Interiores pela faculdade Censupeg. Professora na UGV Centro Universitário.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A partir dessa problemática, surgiram estudos sobre o uso do bambu na construção civil. O mesmo vem apresentando resultados promissores, visto que é um material natural e que pode ser cultivado, evitando seu esgotamento. No entanto, para a sua completa aceitação em um ambiente tão tradicional de construção, é necessário desenvolver com maior credibilidade a ideia de que o bambu pode ser, de fato, usado como um material de construção sustentável e, ao mesmo tempo, resistente. Dessa forma, o principal objetivo deste trabalho é apresentar as vantagens da utilização do bambu como substituto parcial do aço na execução do concreto armado, comprovando sua eficácia por meio de ensaios laboratoriais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROPRIEDADES DO BAMBU

O bambu pode fornecer diversas propriedades benéficas, principalmente quando se trata da experimentação dessa matéria introduzida no campo da construção civil. Dentre elas, pode-se citar a alta resistência à flexão, principalmente devido às fibras presentes na sua estrutura. De acordo com Lima, Willrich e Fabro Jr (2005), as fibras são as responsáveis pela resistência dos bambus, tendo em geral uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna.

Outra propriedade interessante é a leveza do material. Devido a sua baixa massa específica, com uma estrutura circular oca, o material se apresenta extremamente leve, facilitando o manuseio e figurando como um ponto positivo quando avalia-se o uso do bambu nas construções. Além dessas propriedades, também pode-se citar o seu rápido crescimento, que permite que o material seja plantado e colhido em um tempo relativamente curto. Segundo Silva e Silva (2020), o bambu é a planta que cresce mais rápido em toda a Terra. Seu crescimento diário pode chegar até 1 metro, dependendo da espécie. Essa propriedade torna o processo muito mais sustentável, visto que se trata de um material renovável.

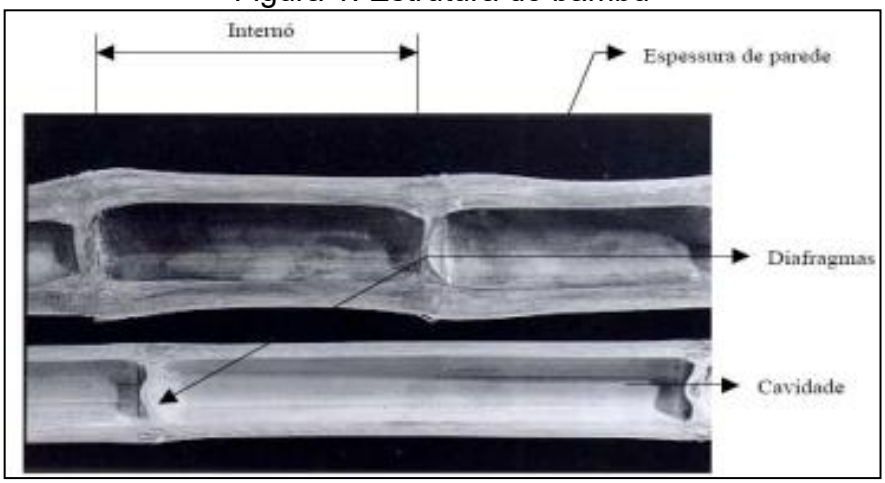
2.1. CARACTERÍSTICAS DO BAMBU

O bambu pertence a sub-família *Bambusoideae* da família gramíneas, calcula-se que existam cerca de 1250 espécies no mundo. É uma planta tropical renovável que não necessita de plantio, além disso é a espécie florestal que possui maior taxa de crescimento na natureza, dependendo da espécie e das condições climáticas, pode crescer até 1 metro por dia (FILGUEIRAS, 2004).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Na Figura 1. vemos a estrutura do bambu, composta por feixes de fibras, paralelas da base ao topo, que podem chegar até 30 metros de altura e suportam uma pressão do vento de até 50 m/s. essa estrutura é constituída por celulose e hemicelulose. A celulose é o principal componente do bambu, representando cerca de 40% a 50% de sua composição é uma fibra de polissacarídeo que dá ao bambu sua resistência e rigidez, já a hemicelulose compreende cerca de 20% a 35% é um polissacarídeo que ajuda a ligar as fibras de celulose, tornando o bambu ainda mais forte, as fibras que constituem o bambu situam-se na parte externa.

Figura 1. Estrutura do bambu



Fonte: Marçal, 2008.

Na parte interna ele é composto também por amido, este amido pode servir de alimento para insetos xilófagos. (RIPPER, 1994) também conhecidos como brocas do bambu, eles são chamados de "brocas" devido ao seu hábito de perfurar e escavar galerias dentro do colmo do bambu, onde depositam seus ovos e se desenvolvem como larvas. Essas larvas se alimentam da madeira interna do bambu, enfraquecendo a planta e prejudicando sua integridade estrutural, afetando diretamente a durabilidade da matéria prima.

2.2. PROPRIEDADES DO BAMBU

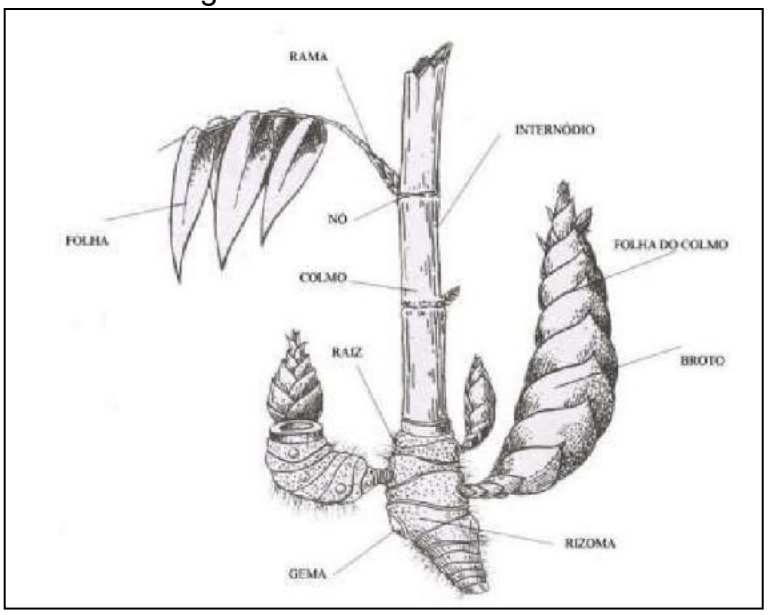
2.2.1. Alta resistência à tração

A composição genética de formação do bambu, bem como sua composição química, permite uma alta resistência à tração mecânica, devido às fibras nela presente. De acordo com Lima, Willrich e Fabro Jr (2005), as fibras são as principais responsáveis pela resistência dos bambus, tendo em geral uma distribuição de 40 a 90% na parte externa e de 15 a 30% na parte interna, como mostra a Figura 2. A fibra

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

do bambu se encontra paralela ao colmo, onde a resistência longitudinal é maximizada.

Figura 2. Estrutura do Bambu



Fonte: Correr, 2004.

Na Figura 2 também é possível observar os nós do bambu, que são uma característica distintiva encontrada nas hastes ou colmos dessa planta. Os nós são regiões onde as folhas, ramos ou raízes se ligam ao colmo principal do bambu. Eles são pontos de crescimento interrompido, e é nessas áreas que as folhas se desenvolvem e novos ramos ou raízes podem se formar. Os nós são mais rígidos do que a parte lisa do colmo do bambu devido à maior concentração de fibras e lignina nessa região. Isso dá ao bambu sua resistência e durabilidade. Faz-se necessário salientar que diversos fatores podem influenciar para a resistência do bambu, tais como a espécie do vegetal, idade, tipo do solo, condições climáticas do ambiente em que se encontram, período de colheita, presença de umidade nas amostras coletadas, entre outros fatores que podem alterar a resistência mecânica da planta.

A resistência do bambu pode atingir até 370 Mpa dependendo da espécie, uma resistência altamente elevada, comparada a outros materiais e composições, como o concreto convencional de CA 30, que possui uma resistência de 300 MPa conforme mostra o Quadro 1. Marçal (2008) relata que a razão entre a resistência à tração do bambu e sua massa específica (s/g) é, mais do que 2,34 vezes aquela obtida para o aço CA 50. Em geral, a resistência à tração do bambu, com ou sem nó, situa-se entre 40 MPa e 215 MPa, e o seu módulo de elasticidade varia entre 5,5 GPa e 18 GPa.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Quadro 1. – Razão entre tensão de tração e a massa específica de alguns materiais.

Tipo de Material	Resistência à tração (MPa)	Peso específico y (N/mm³ x 10 ²)	$R = 10^2 \cdot y$	$\underline{R\ aço}$
Aço CA 50	500	7,83	0,64	1,00
Alumínio	300	2,79	1,07	1,67
Ferro Fundido	280	7,70	0,39	0,61
Bambu	120	0,8	1,5	2,34

Fonte: Marçal, 2008.

2.2.2. Leveza

Uma vantagem do bambu em relação a outros materiais é a leveza, tem baixa massa específica, devido a estrutura circular oca, isso vem como benefício pois diminui o custo das construções, facilita o transporte e manejo.

2.2.3. Ecologicamente correto

O bambu é considerado um dos materiais mais sustentáveis da construção civil. Segundo Amélia (2019). O uso do bambu nas construções civis, pode reduzir em até 60% do gasto com materiais, além de ser renovável e seus resíduos não serem poluentes. É uma ótima opção de matéria-prima devido à grande porcentagem de aproveitamento das varas, e seus resíduos podem ser utilizados para diversos fins.

Uma das maiores preocupações da sociedade atual é os danos causados ao meio ambiente, a construção civil é uma grande vilã neste sentido, uma vez que grande parte das matérias-primas utilizadas não são ecologicamente corretas. Segundo Aur. (2017), o cimento é um dos maiores emissores de CO2. O Ministério das Cidades (2015), estima que os resíduos de construção e demolição representem de 51% à 70% dos sólidos urbanos, e que, se mal gerenciados, degradam o meio ambiente. Dessa forma é possível verificar que a busca por matéria-prima sustentável na construção civil está em alta. Nesse quesito o bambu vem como uma excelente alternativa, no que diz respeito a atmosfera ele contribui para diminuir o efeito estufa, pois é um vegetal que libera oxigênio.

2.2.4. Rápido crescimento

Uma das principais características do bambu é seu rápido crescimento; segundo a revista Superinteressante (2016), o bambu é a planta que cresce mais rápido em toda a Terra. Seu crescimento diário pode chegar até 1 metro, dependendo

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

da espécie. Além disso, o bambu pode ser colhido de 40 a 70 anos, sem precisar ser plantado. Tendo isso em vista, é possível analisar a viabilidade como ponto positivo do bambu pois, devido a essa propriedade de rápido crescimento, o processo de implementar o bambu na construção civil de maneira ecológica é facilitado.

2.2.5. Alta produtividade

O bambu possui uma excelente produtividade, devido ao seu colmo que, caso não seja rompido, a planta pode se manter produtiva por até um século. De acordo com Julia Azevedo (2010), “[...] a energia consumida para se produzir um metro cúbico de bambu é cinquenta vezes menor que a energia gasta para produzir o mesmo volume de aço, e oito vezes menor para produzir o mesmo volume de concreto.” Portanto, fica evidente os benefícios de se implementar um material construtivo sustentável como o Bambu.

3 METODOLOGIA

A pesquisa foi baseada em estudos de laboratório, moldando corpos de prova para a análise e comparação das propriedades do concreto com a adição do bambu. Foram moldados 6 corpos de prova e 3 vigas, para dois ensaios diferentes: ensaio de flexão e ensaio de compressão, respectivamente.

3.1 MATERIAIS E EQUIPAMENTOS

As vigas foram o principal objeto de estudo do presente trabalho, sendo avaliadas por meio de ensaios com a adição de bambu na composição do concreto e em substituição ao aço. Elas foram moldadas utilizando concreto convencional e com a adição de fibras de bambu, sendo utilizadas armaduras de aço e armaduras compostas por barras de bambu para conferir resistência à flexão. Cada viga foi moldada com a seguinte dimensão: 12x20x60cm.

O bambu utilizado foi o da espécie Chusquea. Para a confecção dos feixes foram feitas 4 barras de bambu, tanto verde quanto seco, com comprimento de 56 cm, sendo que do bambu seco ainda foram feitas as fibras conforme a Figura 3. Além disso foram moldados corpos de prova cilíndricos de concreto, com 10 centímetros de diâmetro e 20 centímetros de altura, para a avaliação da resistência à compressão do concreto com o uso de fibras de bambu em sua composição.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 3: Confecção das barras de bambu e fibra proveniente de bambu seco



Fonte: Os autores, 2023.

Tanto para as vigas quanto para os corpos de prova cilíndricos, o traço de concreto utilizado foi de 1:1,34:2,16:0,5, conforme detalhado na Figura 4 juntamente com o quantitativo de materiais.

Figura 4: Quantitativo de materiais

QUANTITATIVO DE MATERIAIS

Dimensões da viga	
Base (m)	0,12
Altura (m)	0,20
Comprimento (m)	0,60
Volume (m³)	0,0144

Dimensões dos corpos de prova	
Diâmetro (m)	0,10
Altura (m)	0,20
Volume (m)	0,001571

Traço do concreto padrão	
Cimento (kg)	1
Areia (kg)	1,34
Pedra (kg)	2,16
Água (L)	0,5
Consumo de cimento (kg/m³)	500

Número de vigas	Volume (m³)
1	0,0144
2	0,0288
3	0,0432

Número de copos de prova	Volume (m³)
2	0,00314
4	0,00628
6	0,00942

Traço para 1 m³	
Cimento (kg)	500
Areia (kg)	670
Pedra (kg)	1080
Água (L)	250

Volume total para 3 vigas e 6 corpos de prova (m³)	0,0526

Traço para 0,0526247779607694 m³	
Cimento (kg)	26,31
Areia (kg)	35,26
Pedra (kg)	56,83
Água (L)	13,16

Fonte: Os autores, 2023.

3.2 PREPARAÇÃO DAS VIGAS

Foram elaboradas três vigas de concreto conforme a Figura 5, a primeira foi pelo método convencional usando armaduras de aço de 6,3 mm (duas barras superiores e duas barras inferiores), a segunda foi realizada fazendo a substituição do aço por feixe de fibras de bambu seco acrescentando 1% de fibra de bambu na composição do concreto e para a terceira viga utilizou-se feixes de bambu verde

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

juntamente com 0,5% de fibras. O intuito de produzir três vigas foi o de fazer a análise do seu desempenho em relação ao aço, e avaliar se é o bambu seco ou verde que mais se destaca no que se refere à resistência à flexão e compressão.

Figura 5 Vigas de Bambu e de Aço



Fonte: Os autores, 2023.

Seguindo a mesma ordem de execução, foram confeccionados 6 corpos de prova cilíndricos, como na Figura 6, sendo o primeiro com somente o concreto no mesmo traço utilizado para as vigas, o segundo com o concreto e 1% de fibras de bambu seco, e o terceiro com concreto e 0,5% de fibras de bambu. O objetivo dos corpos de prova foi o de comparar a resistência à compressão de acordo com a porcentagem de fibra introduzida nos corpos e analisar seu desempenho. Após a fabricação das vigas e corpos de prova, foi necessário aguardar 28 dias para garantir a completa cura do concreto antes de avaliar a sua resistência. É importante ressaltar que os corpos de prova passaram por um processo de cura úmida por 10 dias para assegurar a validade dos resultados.

Figura 6: Corpos de prova elaborados



Fonte: Os autores, 2023.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. ENSAIO DE FLEXÃO

4.1.1 Aplicação da carga

Foram executadas 3 vigas para o ensaio de flexão, sendo elas: Viga 1, com barras de aço Ø6,3mm; Viga 2 com barras de bambu seco e 1% de fibras de bambu, e Viga 3 com barras de bambu verde e 0,5% de fibras, conforme a Figura 7.

Figura 7: Vigas do ensaio de flexão



Fonte: Os autores, 2023.

4.1.2 Análise de dados

Analisando os dados do quadro 2, é possível observar que as vigas que possuem bambu em sua composição obtiveram resistências inferiores comparadas à viga de aço.

Quadro 2: registro de dados do ensaio de flexão

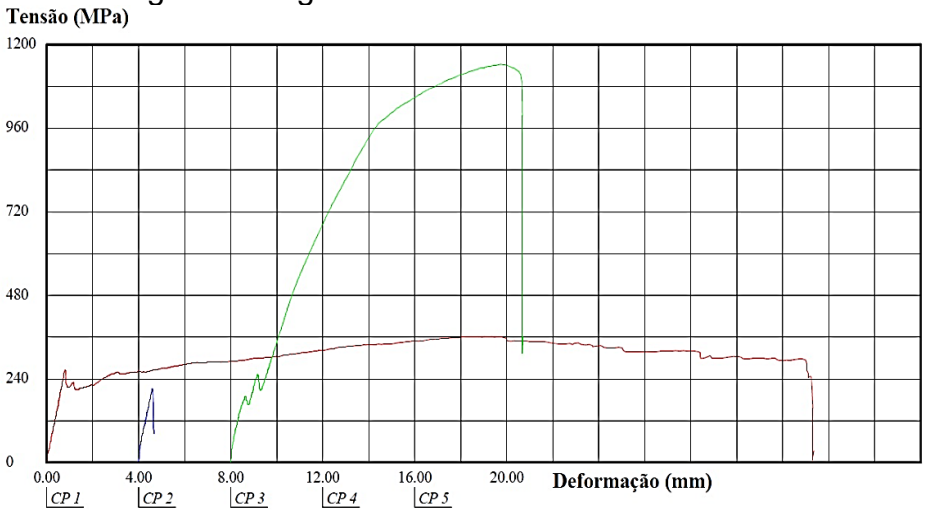
DESCRIÇÃO	VIGA 1	VIGA 2	VIGA 3
RESISTÊNCIA (MPa)	23177,58	13620,46	73222,93

Fonte: Os autores, 2023.

Em contrapartida, observando o diagrama da Figura 8, notamos que no que se refere ao regime elástico, os resultados foram satisfatórios, visto que o comportamento de tensão é proporcional à deformação. Portanto, o bambu se comportou positivamente pois, em ambas as vigas com bambu, a resistência se mostrou superior até o início da estricção, sendo que a viga que foi confeccionada com bambu seco e 0,5% de fibras teve mais sucesso em relação a outra.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 8: Registro de dados do ensaio de flexão



Fonte: Os autores, 2023.

4.2 ENSAIO DE COMPRESSÃO

4.2.1 Aplicação da carga

Para o ensaio de compressão foram moldados 6 corpos de prova cilíndricos, sendo 2 para cada método. O corpo de prova 1 foi feito pelo método tradicional, os corpos de prova 2 e 3 foram adicionadas fibras de bambu, sendo 1% e 0,5% da quantidade de cimento, respectivamente conforme a Figura 9.

Figura 9: Corpos de prova no ensaio de compressão



Fonte: Os autores, 2023.

O objetivo desse ensaio foi analisar o comportamento das fibras de bambu na resistência à compressão a fim de verificar se ao incrementar bambu nas vigas para reduzir a fissuração não atrapalha no quesito resistência à compressão. Portanto foi possível comprovar conforme dados registrados na Tabela 1, que se pode usar fibras de bambu em vigas que as mesmas não interferem na resistência à compressão.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 1: Resultados experimentais ensaio de compressão

Corpo de Prova	Adição de Fibras de bambu (%)	1°Experimento Resistência (MPa)	2°Experimento Resistência (MPa)
1	-	24,9	25,7
2	1%	18,7	19,66
3	0,5%	23,58	24,44

Fonte: Os autores, 2023.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse estudo é possível concluir que o bambu atua como um elemento vantajoso no quesito de sustentabilidade, pois além de reduzir o impacto causado na construção civil absorvendo o CO2 da atmosfera, ele pode ser um substituto parcial ao aço na construção civil. O que significa um grande avanço visto que o aço é um minério finito, já o bambu é uma matéria prima renovável, de fácil acesso e crescimento rápido.

Por meio do ensaio de compressão foi identificado que as fibras de bambu não reduzem a resistência à compressão, sendo que no que se refere a flexão obteve-se resultados significativos pelo qual pode-se afirmar que o bambu seco com 0,5% de fibras que retardou a fissuração em relação ao aço. Para tanto sugere-se utilizar bambu seco em maior área para estudos futuros, a fim de alcançar o aço na resistência à flexão.

REFERÊNCIAS

AMELIA, Silvia. **Uso do bambu na arquitetura: alternativa de construção de baixo impacto ambiental.** Disponível em: https://pt.linkedin.com/pulse/uso-do-bambu-na-arquitetura-alternativa-de-constru%C3%A7%C3%A3o-silvia-amelia. Acesso em: 15 out. 2022.

AUR, Deise. **Bambu: por que é uma alternativa sustentável e matéria-prima do futuro**. Disponível em: https://www.greenme.com.br/morar/bioarquitetura/70802-bambu-porque-e-uma-alternativa-sustentavel-e-materia-prima-do-futuro/. Acesso em: 16 out. 2022.

AZEVEDO, Julia**. Tudo o que você precisa saber sobre o bambu**. Disponível em: https://www.ecycle.com.br/bambu/. Acesso em: 21 set. 2022.

CORRER, Ivan. **Estrutura do bambu**. ResearchGate. Disponível em: https://www.researchgate.net/figure/Figura-4-Estrutura-do-Bambu-Fonte-NMBA-2004_fig20_331260302. Acesso em: 30 out. 2022.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

LIMA JÚNIOR, H. C.; WILLRICH, F. L.; FABRO, G. **Vigas de concreto reforçado com bambu** Dendrocalamus giganteus. II: modelagem e critérios de dimensionamento. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 9, n. 4, p. 652-659, dez. 2005.

MARÇAL, Vitor Hugo Silva. **Uso do bambu na construção civil**. 2008. Projeto final (Engenharia Civil e Ambiental) – Faculdade de Tecnologia, Universidade de Brasília, Brasília, 2008.

NUNES, Gabrielly da Mota; JUNIOR, Antônio da Silva Sobrinho; PASTOR, Jaiane dos Santos. **O uso do bambu como material estrutural na construção civil.** Departamento de Engenharia Civil, Centro Universitário de João Pessoa, João Pessoa, 2021.

SILVA, Gilson Alves; SILVA, João Victor Maia**. Sistema construtivo em bambu-calfitice.** In: ENCONTRO NACIONAL DE TECNOLOGIA DO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 18., 2020. Anais [...]. 2020. v. 18, n. 1, p. 1-8.

SILVA, Vera. **Construção com bambu: quais as possibilidades?** Disponível em: https://fetz.com.br/construcao-com-bambu-quais-possibilidades/. Acesso em: 16 out. 2022.

SIENGE. **Os profissionais da construção civil**. 2022. Disponível em: https://www.sienge.com.br/construcao-civil/. Acesso em: 29 set. 2022.

SUPERINTERESSANTE. **O bambu pode crescer até um metro por dia**. 2016. Disponível em: https://super.abril.com.br/comportamento/o-bambu-pode-crescer-1-metro-por-dia/. Acesso em: 30 out. 2022.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

ANÁLISE TERMODINÂMICA DA INFLUÊNCIA DA VARIAÇÃO DE TEMPERATURA NA ENTRADA DE UMA CALDEIRA FLAMOTUBULAR EM UM CICLO RANKINE SATURADO

Rodrigo Luiz Przybisz[1]
Iara Cibelle Moreira[2]

RESUMO: O presente estudo teve como pauta a análise do ciclo de operação de uma caldeira flamotubular, em relação ao ciclo rankine ideal. O objetivo central do estudo foi determinar primeiramente a eficiência do ciclo de operação da caldeira, de acordo com os equacionamentos do ciclo Rankine, e em seguida foi realizado uma estimativa e parametrização, levando em conta que o calor residual dos gases de exaustão, fossem utilizados para aquecer a água na saída da bomba de alimentação do ciclo, neste caso, o ponto 2. Dessa maneira foram feitos cálculos referentes a eficiência do ciclo, verificando qual foi sua variação de acordo com a modificação das temperaturas. Junto a variação da eficiência, também foi analisada a diminuição do calor injetado no sistema, bem como o calor rejeitado no condensador. Com o estudo foi possível perceber que a caldeira, na estruturação em que está montada, uma alteração para reaproveitamento do calor residual dos gases de exaustão aumentaria sim a eficiência do ciclo, em seu estado ideal, porém, em valores baixos. Outro ponto de conclusão foi que essa caldeira, rejeita uma boa quantidade de calor na região do condensador, o que proporciona a possibilidade de estudos sobre esse equipamento, para a otimização deste calor rejeitado.

Palavras-chave: Ciclo Rankine Ideal, Eficiência, Reaproveitamento, Otimização.

ABSTRACT: The present study focused on analyzing the operating cycle of a fire-tube boiler in relation to the ideal Rankine cycle. The main objective was first to determine the efficiency of the boiler operating cycle based on the equations governing the Rankine cycle. Subsequently, an estimation and parameterization were carried out, considering the use of residual heat from the exhaust gases to heat the water leaving the cycle feedwater pump, corresponding to state point 2. Accordingly, calculations were performed to determine the cycle efficiency and assess how it varied with changes in temperature. Along with the variation in efficiency, the reduction in heat supplied to the system and the heat rejected in the condenser were also analyzed. The study showed that, given the boiler's current configuration, implementing a system to recover residual heat from the exhaust gases would indeed increase the efficiency of the ideal cycle, although the improvement would be relatively small. Another conclusion was that the boiler rejects a considerable amount of heat in the condenser, creating opportunities for further studies aimed at optimizing the use of this rejected heat.

Keywords: Ideal Rankine Cycle; Efficiency; Heat Recovery; Optimization.

1 INTRODUÇÃO

Indústrias de transformação, utilizam equipamentos para geração de energia motriz em determinados maquinários a fim de obter algum tipo de trabalho mecânico. Estes equipamentos utilizam como princípio de funcionamento a produção de vapor por meio do aquecimento de água advinda da queima de biomassa, fluido térmico ou combustíveis gasosos.

[1] Graduado em Engenharia Mecânica e Mestrando em Engenharia de Sistemas Térmicos Indutriais - UTFPR.
[2] Graduada em Engenharia Civil, Especialista em Engenharia de Segurança do Trabalho pela UGV Centro Universitário.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

As caldeiras industriais, são equipamentos que possuem essa característica, de fornecer energia para determinado fim. Sendo flamotubulares, onde o fogo passa por dentro dos tubos do trocador de calor, e a água em torno dos tubos, ou aquatubulares, onde a água passa por dentro dos tubos e o fogo em torno dos tubos, são elementos essenciais para indústrias que necessitem de algum tipo de energia térmica para sua linha de produção.

Dentro dessa temática, surge a seguinte problemática: O reaproveitamento do calor residual dos gases de exaustão de uma caldeira, pode ser utilizado para aumentar eficiência do ciclo de operação de caldeiras industriais, utilizando modelos ideais termodinâmicos?

A determinação de tal eficiência de operação, serve para compreender, por meio de sistemas ideias, o comportamento do equipamento numa situação real, podendo ser um comparativo com modelos reais de determinação, que utilizam a quantidade de biomassa X a quantidade de vapor útil, a fim de encontrar o diferencial entre modelo real e modelo ideal de cálculo.

Como objetivo geral do presente estudo, têm-se a determinação da variação da da eficiência de um ciclo de operação de uma caldeira flamotubular, de acordo com o ciclo Rankine ideal de operação. Como objetivos específicos do estudo, calcular o trabalho inserido nas bombas de inserção de fluido na caldeira, determinar a taxa de calor adicionado na caldeira, analisar o calor rejeitado no condensador do ciclo.

A estruturação do estudo segue a seguinte lógica, num primeiro momento são apresentados o referencial teórico que serviu de base para a elaboração do estudo, por seguinte são apresentados os tópicos referentes a metodologia do trabalho, evidenciando o tipo de pesquisa, modelo de estudo, cálculos utilizados, entre outros, após uma apresentação dos resultados obtidos por meio da abordagem utilizada e por último, a apresentação da conclusão referente ao estudo

2 REREFENCIAL TEÓRICO

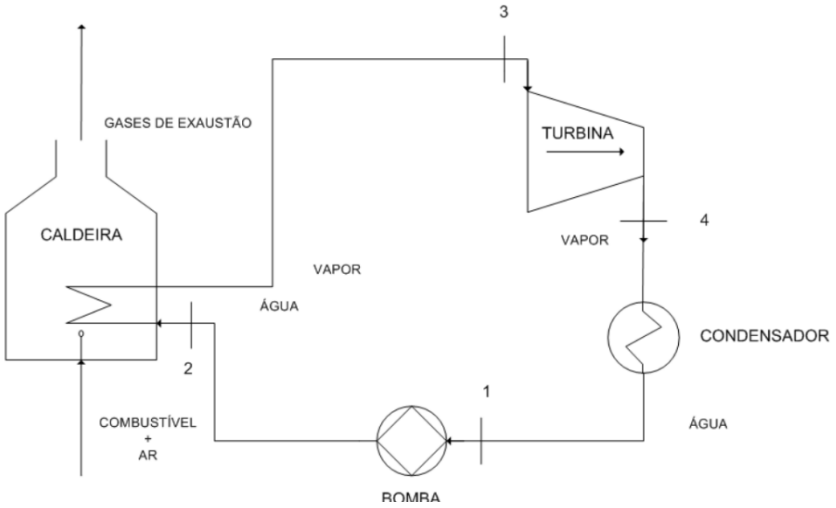
2.1 ESTRUTURAÇÃO DE MONTAGEM

Caldeiras são elementos que possuem como característica a geração de energia térmica para utilização em determinados equipamentos. Essas caldeiras podem ser divididas em flamotubulares ou aquatubulares de acordo com o tipo de trocador de calor.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A forma de operação desses equipamentos depende do arranjo de instalação do seu sistema de operação, porém, em geral, elas respeitam uma estruturação de instalação conforme a figura abaixo.

Figura 1 – Ciclo reduzido de operação Caldeira



Fonte: Máquinas térmicas, ([s,d]).

2.1.1 Turbina

As turbinas são elementos rotativos que recebem o vapor vindo da tubulação ligada a caldeira, que é diretamente direcionado as suas pás, gerando uma potência mecânica de saída na ponta do eixo onde o rotor da turbina é ligado. Essa potência mecânica, pode ser utilizada para diferentes fins que necessitem de tracionamento, como por exemplo a utilização dessa potência, para geração de energia elétrica e indústrias termoelétricas (HENN, 2006).

2.1.2 Condensador

Os condensadores são elementos também essenciais para a operação de uma caldeira, esses equipamentos servem para armazenar o fluido de retorno que volta a caldeira após sua utilização em determinada máquina térmica. No condensador ocorre a rejeição de calor residual para o ambiente Q_{sai}, essa perda de calor é necessária para determinar a eficiência de operação do ciclo da caldeira. (BERGMAN, 2019)

2.1.3 Bombas de alimentação

As bombas de alimentação no ciclo, são responsáveis por pressurizar o fluido de retorno de condensado, para levá-lo novamente para dentro da caldeira. É neste ponto que o trabalho de entrada do ciclo, ou W_{en}, é inserido no sistema. Vale ressaltar

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

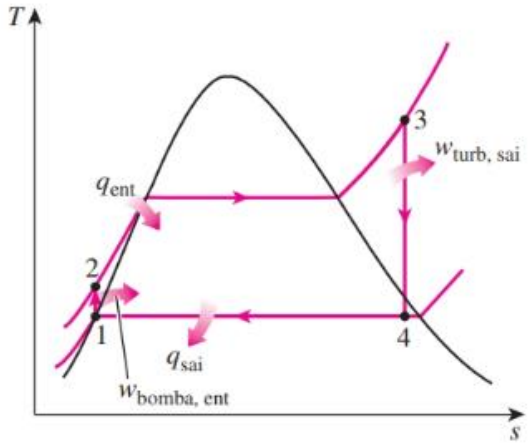
que a temperatura de entrada desse fluido na bomba, é a mesma temperatura da saída do condensador, logo, este valor precisa ser controlado, para evitar a cavitação do sistema. (BERGMAN, 2019)

2.2 CICLO RANKINE

Dentro da termodinâmica, ciclos que envolvem a movimentação de fluidos e a troca térmica entre ambientes, sendo por refrigeração, onde o Calor do meio quente precisa ser resfriado, ou por aquecimento onde o calor do meio frio, precisa ser aquecido, podem ser calculados de acordo com o ciclo termodinâmico referente a sua operação. No caso das caldeiras flamotubulares, o ciclo que representa, de modo termodinâmico idela, a sua operação, é o ciclo Rankine.

O ciclo Rankine pode ser distribuído em 4 partes, sendo o Ciclo Rankine ideal, utilizado neste artigo, o Ciclo Rankine com reaquecimento, onde o vapor realiza duas expansões em duas diferentes turbinas no ciclo, o Ciclo Rankine Regenerativo, onde parcelas de vapor são extraídos da turbina para aquecimento da água no condensador, e o Ciclo Rankine Orgânico, onde a água do ciclo é substituída por um fluído refrigerante ou hidrocarbonetos. Na figura abaixo, é possível observar a estruturação do ciclo Rankine ideal, cujo serviu de base para o cálculo referente a eficiência do ciclo desse sistema analisado. (ÇENGEL e BOLES, 2013).

Figura 3 – Ciclo Rankine Ideal



Fonte: ÇENGEL e BOLES, 2013.

2.3 TABELAS TERMODINÂMICAS

Ciclos de operação de refrigeração e/ou aquecimento de determinado tipo de fluido, não podem ser estudados com valores padrões de temperatura, pressão, entalpia e entropia, já que, de acordo com a alteração de temperatura desses fluidos,

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

ambas propriedades se alteram, já que tais propriedades são dependentes uma da outra. Dessa forma, para realizar verificações de eficiência, cálculos do trabalho inserido no sistema, cálculos referentes ao trabalho obtido no ciclo e outras verificações, torna-se necessário analisar cada valor em relação a faixa de temperatura ou pressão que esse fluído se encontra. Para isso, surge a necessidade de verificação de valores utilizando as tabelas termodinâmicas, as quais mostram os valores das propriedades dos fluidos em diferentes condições. (MORAN e SHAPIRO, 2005).

2.4 DIFERENCIAL DE TEMPERATURA

Para sistemas de troca térmica, entre fluidos e gases ou entre dois fluídos a diferença mínima de temperatura entre os fluídos em operação, situa-se numa faixa média de 10°C a 30°C, esta faixa é utilizada para sistema de troca térmica entre gases e líquidos devido ao custo sobre a área de troca térmica, já que diferenciais de temperatura muito pequenos, tendem a necessitar de uma grande área térmica, logo o investimento para um grande trocador de calor, se torna alto. (BERGMAN, 2019)

3 METODOLOGIA

3.1 TIPO DE PESQUISA

A presente pesquisa se enquadra quanto a sua natureza, de forma aplicada, possuindo objetivos descritivos. Quanto a abordagem do estudo, uma abordagem quantitaviva e em relação aos procedimentos técnicos, esta pesquisa se enquadra com um estudo de caso, já que os dados essenciais de temperatura e pressão, para obtenção de dados das tabelas, serão obtidos de acordo com o ciclo de operação de uma caldeira real, instalada em uma indústria madeireira (MARCONI e LAKATOS, 2022).

3.2 OBJETO DE ESTUDO

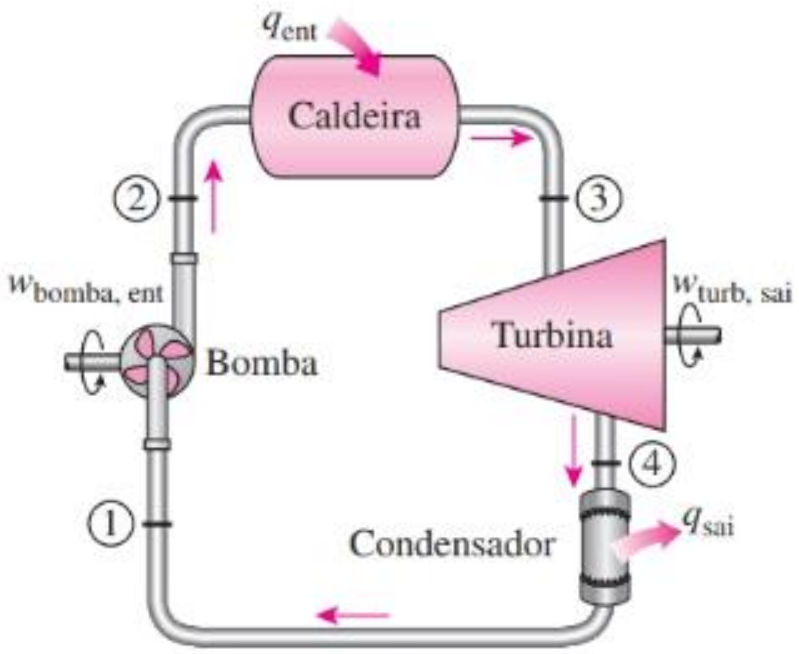
O objeto avaliado pelo presente estudo, trata-se de uma caldeira flamotubular, com capacidade de operação de 12 kgf/cm², esta caldeira é movida por biomassa de cavaco de Pinus possuindo uma capacidade de geração de 15 ton/h de vapor. Esta caldeira é responsável pelo fornecimento de vapor para 4 secadores de madeira e 2 prensas a quente de madeira laminada.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3.3 DETERMINAÇÃO DOS PONTOS DENTRO DO CICLO RANKINE

De acordo com o ciclo Rankine, o ciclo de operação de uma caldeira pode ser dividido em 4 pontos essenciais, entre o ponto 1 e o ponto 2 está localizada a bomba de alimentação da caldeira onde nela é inserido o trabalho de entrada, W_{en}do ciclo. Entre o ponto 2 e o ponto 3, está localizada a caldeira, onde nela é acresentado o calor de entrada do ciclo, Q_{en}. Entre o ponto 3 o ponto 4 está localizada a turbina, que neste caso foi considerada a máquina térmica que recebe o vapor da caldeira, neste ponto que o trabalho de saída, ou o trabalho gerado pelo ciclo, pode ser obtido. No ponto 4 ao ponto 1 estaria localizado o condensador, onde neste ponto ocorre a rejeição de calor do sistema (ÇENGEL e BOLES, 2013). Abaixo a figura 5 demonstra o ciclo Rankine utilizado.

Figura 5 – Ciclo Rankine ideal



Fonte: ÇENGEL e BOLES, 2013.

3.4 EQUACIONAMENTOS

3.4.1 Cálculo do trabalho de entrada do ciclo

Para o cálculo do trabalho de entrada do ciclo termodinâmico, foi necessário utilizar a tabela para obter os dados referentes a temperatura e pressão correspondente, como também os dados de entalpia no ponto 1 e no ponto 2 (ÇENGEL e BOLES, 2013). Para o cálculo de tal dado, foi utilizada o seguinte equacionamento

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

$$Wen = (h2 - h1) \quad (1)$$

O trabalho de entrada também pôde ser determinado a partir da equação que relaciona o volume específico no ponto de líquido saturado, junto a pressão no ponto 1 e na pressão no ponto de líquido comprimido (ÇENGEL e BOLES, 2013). Essa equação foi representada abaixo.

$$Wen = v(P2 - P1) \quad (2)$$

3.4.2 Cálculo do calor de entrada do ciclo

Para a determinação do calor de entrada do ciclo, este que está presente diretamente na caldeira, a seguinte equação foi utilizada. (ÇENGEL e BOLES, 2013)

$$Qen = (h3 - h2) \quad (3)$$

3.4.3 Cálculo calor de saída do sistema

Já para a determinação do valor referente ao trabalho que é rejeitado no ciclo termodinâmico, presente diretamente no condensados, a seguinte equação foi utilizada para cálculo (ÇENGEL e BOLES, 2013).

$$Qsai = (h4 - h1) \quad (4)$$

3.4.4 Cálculo do trabalho de saída

Para a determinação do trabalho de saída do sistema foi necessário utilizar os dados de entalpia no ponto de líquido saturado e no ponto de estado bifásico (ÇENGEL e BOLES, 2013). Para isto, a seguinte equação foi utilizada.

$$W_{sai} = (h3 - h4) \quad (5)$$

3.4.5 Determinação da eficiência do ciclo

Com os dados de trabalho de entrada e saída do ciclo termodinâmico, como também dos valores de calor adicionado e calor rejeitado do sistema, foi possível determinar o valor da eficiência de operação da caldeira flamotubular, considerando o ciclo ideal (ÇENGEL e BOLES, 2013). Para a obtenção desse valor, a seguinte equação foi utilizada.

$$n = \frac{Q_{en} - Q_{sai}}{Qen} \quad (6)$$

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3.4.6 Cálculo do título

O valor do título é um elemento que representa a quantidade de vapor presente em uma substância em estado bifásico, e, no caso da caldeira analisada, este valor é dependente da entropia $s3$. (BERGMAN, 2019). Tal cálculo pôde ser realizado com a seguinte equação.

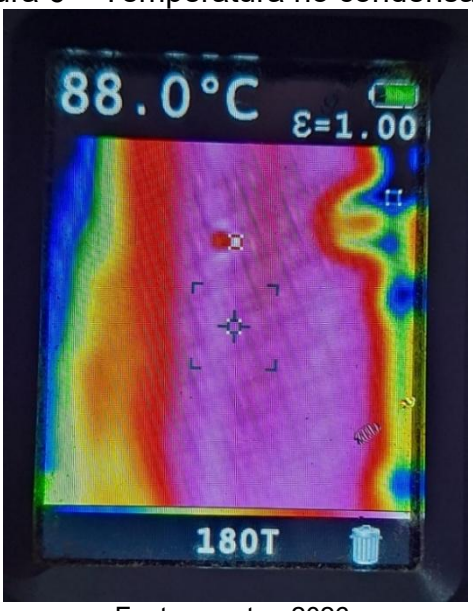
$$x = \frac{s3 - sl}{slv} \tag{7}$$

3.5 OBTENÇÃO DE DADOS

3.5.1 Temperatura no condensador

Para obter os valores necessário para avaliar a tabela termodinâmica, são necessários ao menos 2 valores para a verificação em cada ponto do ciclo, dessa forma, tornou-se necessário avaliar a pressão no ponto 1, cuja é igual a pressão no ponto 4. Essa pressão foi determinada de acordo com a temperatura na saída do condensador, a qual foi obtida por meio de aferição. A figura abaixo mostra a temperatura encontrada.

Figura 6 – Temperatura no condensador



Fonte: o autor, 2026.

3.5.2 Pressão de operação caldeira

Para a obtenção dos dados termodinâmicos para a caldeira, foi necessário obter o valor da pressão de operação, esse valor foi obtido por meio da visualização do manômetro instalado. A figura 7 mostra o manômetro utilizado para aferição.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 7 - Manômetro acoplado a caldeira



Fonte: o autor, 2026.

3.7 PARAMETRIZAÇÃO DE TEMPERATURAS

Para a parametrização das temperaturas, foi utilizada uma tabela em Excel, variando os valores de temperatura na saída da bomba, considerando o reaproveitamento do calor residual na saída da chaminé, no valor de 150°C encontrada por meio de termômetro infravermelho, respeitando o valor máximo de 110°C de acordo com a premissa do valor médio de 10 a 30°C em relação ao ΔT_{min}. Com a variação das temperaturas foi possível determinar qual era a variação da eficiência do ciclo, de acordo com o aumento gradual da temperatura na saída da bomba de alimentação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 TEMPERATURA DE 85°C

De acordo com as equações utilizadas, levando em consideração o ciclo com as temperaturas e pressão aferidas durante sua operação, sem levar em consideração a alteração da temperatura na entrada da caldeira, ou seja, após a bomba, os valores referentes ao trabalho inserido, trabalho útil, calor rejeitado, calor adicionado e eficiência do ciclo, foram encontrados. Esses valores podem ser vistos na tabela abaixo:

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 1 – Dados do ciclo a 85°C

Dados de entrada (T2= 85°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen	2421,429
h2	356,7312	Q sai	1952,656
h3	2778,16	Wen	0,851163
h4	2308,536	Wsai	469,6238
v1	0,001032	n	0,193593
P2	882,6	x	0,850441
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
		Wliq	468,7727

Fonte: o autor, 2026.

4.2 TEMPERATURA A 90°C

Para determinar a eficiência do ciclo com uma temperatura maior no ponto 2, os dados de entalpia, volume específico e pressão de saturação, foram necessários para determinar tal eficiência. Vale ressaltar que neste caso, o valor do trabalho de entrada não foi necessário para este cálculo. Na tabela 2 abaixo é possível identificar os valores encontrados.

Tabela 2 – Dados para a temperatura de 90°C

Dados de entrada (T2= 90°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen'	2400,418
h2	377,7417	Q sai'	1952,656
h3	2778,16	Wen'	0,851163
h4	2308,536	Wsai'	469,6238
v1	0,001032	n'	0,195288
P2	882,6	x	0,850441
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
hl2	376,9	h2'	377,7417
v2	0,001036	Wliq	468,7727
Psat	70,14		

Fonte: o autor, 2026.

4.3 TEMPERATURA DE 95°C

Para a temperatura de 95°C, a mesma estruturação em relação ao cálculo com a temperatura anterior foi realizada. A tabela abaixo mostra os valores encontrados.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 3 – Dados para a temperatura de 95°C

Dados de entrada (T2= 95°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen'	2379,39003
h2	398,769972	Q sai'	1952,65617
h3	2778,16	Wen'	0,85116264
h4	2308,536169	Wsai'	469,623831
v1	0,001032	n'	0,1970138
P2	882,6	x	0,85044148
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
hl2	397,94	h2'	398,769972
v2	0,00104	Wliq	468,772668
Psat	84,55		

Fonte: o autor, 2026.

4.4 TEMPERATURA DE 100°C

Para a temperatura de 100°C os valores contidos na tabela abaixo, foram encontrados.

Tabela 4 – Dados para a temperatura de 100°C

Dados de entrada (T2= 100°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen'	2358,324
h2	419,8357	Q sai'	1952,656
h3	2778,16	Wen'	0,851163
h4	2308,536	Wsai'	469,6238
v1	0,001032	n'	0,198774
P2	882,6	x	0,850441
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
hl2	419,02	h2'	419,8357
v2	0,001044	Wliq	468,7727
Psat	101,3		

Fonte: o autor, 2026.

4.5 TEMPERATURA DE 105°C

Para 105°C, os dados encontrados podem ser vistos na tabela abaixo.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 5 – Dados para a temperatura de 105°C

Dados de entrada (T2= 105°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen'	2337,232
h2	440,9276	Q sai'	1952,656
h3	2778,16	Wen'	0,851163
h4	2308,536	Wsai'	469,6238
v1	0,001032	n'	0,200567
P2	882,6	x	0,850441
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
hl2	440,13	h2'	440,9276
v2	0,001047	Wliq	468,7727
Psat	120,8		

Fonte: o autor, 2026.

4.6 TEMPERATURA DE 110°C

Para a temperatura de 110°C, estabelecida como limite viável de implantação do economizador, os seguintes valores foram encontrados

Tabela 6 – Dados para a temperatura de 110°C

Dados de entrada (T2= 110°C)			
Dado	Valor	Resultado	Valor
h1	355,88	Qen'	2316,17
h2	461,9897	Q sai'	1952,656
h3	2778,16	Wen'	0,851163
h4	2308,536	Wsai'	469,6238
v1	0,001032	n'	0,202391
P2	882,6	x	0,850441
P1	57,83	slv	6,4102
s3	6,5857	hl	355,88
sl	1,1342	hlv	2296,05
hl2	461,27	h2'	461,9897
v2	0,001052	Wliq	468,7727
Psat	198,5		

Fonte: o autor, 2026.

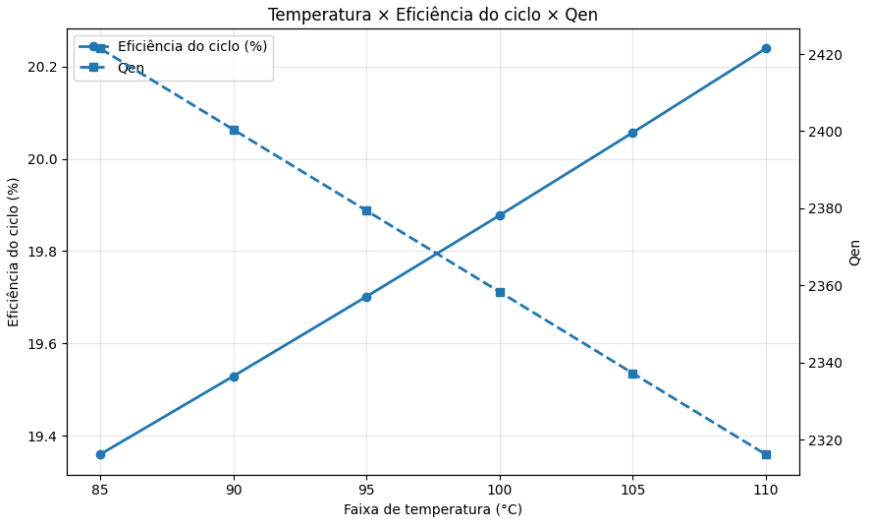
4.7 COMPARATIVO DE VALORES

Tendo os resultados da parametrização variando a temperatura em 5°C a cada novo cálculo, foi possível elaborar um gráfico representando o aumento da eficiência do ciclo de acordo com o aumento da temperatura no ponto 2 do ciclo. Dentro deste gráfico, foi possível fazer um comparativo em relação ao calor de entrada adicionado

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

ao sistema. Abaixo o gráfico que contém os valores de eficiência, calor adicionado e variação de temperatura do ciclo Rankine ideal.

Gráfico 1 – Variação de eficiência e calor injetado no ciclo de operação da caldeira analisada



Fonte: o autor, 2026.

5 CONCLUSÃO

Com o presente estudo, foi possível determinar que caso fosse realizada uma alteração no ciclo de operação da caldeira com o aproveitamento do calor residual da chaminé, com temperatura na faixa de 150°C, a eficiência do ciclo, em relação a um sistema ideal de Rankine, iria sim aumentar, cerca de 4,5% considerando uma temperatura de 110°C disponível para utilização. Outro ponto de grande importância de verificação, foi que na estruturação atual o sistema rejeita cerca de 1952 kJ/kg de calor para o meio externo, o que representa cerca de 80,6% de energia gerada sendo rejeitada no condensador. Este valor sugere futuros estudos sobre o aproveitamento e redução do calor rejeitado nesse sistema.

REFERÊNCIAS

MÁQUINAS TÉRMICAS. **Exemplos – Ciclo Rankine: Exemplo 1**. [S. l.], [s. d.]. Disponível em https://www.antoniolima.web.br.com/arquivos/exe%20ranquine%201.htm. Acesso em: 14 out. 2026.

ÇENGEL, Yunus A.; BOLES, Michael A. Termodinâmica. 7. ed. Porto Alegre: Bookman, 2013. E-book. p.557. ISBN 9788580552010. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580552010/. Acesso em: 14 out. 2026.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

HENN, Érico Antônio Lopes. **Máquinas de fluido**. 2. ed. Santa Maria: Editora UFSM, 2006.

BERGMAN, Theodore L. Incropera - Fundamentos de Transferência de Calor e de Massa. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019. E-book. p.i. ISBN 9788521636656. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521636656/. Acesso em: 14 out. 2026.

MORAN, Michael J.; SHAPIRO, Howard N.; MUNSON, Bruce R.; DEWITT, David P. Introdução à Engenharia de Sistemas Térmicos. Rio de Janeiro: LTC, 2005. E-book. p.555. ISBN 978-85-216-1977-2. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/978-85-216-1977-2/. Acesso em: 14 out. 2026.

ÇENGEL, Yunus A.; GHAJAR, Afshin J. Transferência de calor e massa: uma abordagem prática. 4. ed. Porto Alegre: AMGH, 2009. E-book. p.1. ISBN 9788580551280. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788580551280/. Acesso em: 14 out. 2026.

MARCONI, Marina de A.; LAKATOS, Eva M. Metodologia Científica. 8. ed. Rio de Janeiro: Atlas, 2022. E-book. p.Capa. ISBN 9786559770670. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9786559770670/. Acesso em: 14 out. 2026.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

AVALIAÇÃO ANDROLÓGICA COMO FERRAMENTA DE SELEÇÃO DE TOUROS PARA ESTAÇÃO DE MONTA

Brenda Elisa Maurer[1]
Lew Kan Sprenger[2]
Edson Furlan Junior[3]

RESUMO: O Brasil possui o maior rebanho bovino comercial do mundo, e a eficiência reprodutiva é determinante para a competitividade da pecuária de corte. Nesse contexto, o touro exerce papel central, já que sua fertilidade impacta diretamente os índices de prenhez. O exame andrológico configura-se, portanto, como ferramenta essencial de seleção, prevenindo prejuízos produtivos e assegurando melhor desempenho reprodutivo dos rebanhos. Este estudo avaliou 633 touros das raças Nelore (480/633) e Senepol (153/633), destinados à estação de monta 2025/2026, em propriedades de corte no estado do Mato Grosso do Sul. As análises seguiram as recomendações do CBRA e incluíram exame clínico geral, coleta de sêmen e avaliação seminal, com observação de parâmetros como motilidade, vigor e morfologia espermática. Os dados foram organizados em planilhas e analisados de forma descritiva, considerando raça, idade, perímetro escrotal e classificação final de aptidão. Os resultados mostraram que 10,9% dos touros foram considerados inaptos para reprodução. A senilidade foi a principal causa de descarte, responsável por 33,8% dos casos, seguida por alterações locomotoras, defeitos prepuciais e baixa motilidade espermática. Na análise morfológica do sêmen, defeitos como caudas dobradas, cabeças anormais e gotas citoplasmáticas foram os mais frequentes, estando associados à redução da fertilidade. Conclui-se que o exame andrológico, apesar de simples e de baixo custo, é indispensável na pecuária de corte, permitindo identificar animais com baixa capacidade reprodutiva e prevenindo perdas econômicas. Sua aplicação garante maior eficiência reprodutiva, seleção criteriosa de reprodutores e avanço no melhoramento genético dos rebanhos de corte, reforçando sua importância como prática de rotina.

Palavras-chave: Descarte. Fertilidade. Morfologia. Senilidade.

ABSTRACT: Brazil has the largest commercial cattle herd in the world, and reproductive efficiency is crucial to the competitiveness of beef cattle. In this context, the bull plays a central role, as its fertility directly impacts pregnancy rates. The andrological examination is therefore an essential selection tool, preventing production losses and ensuring better reproductive performance. This study evaluated 633 Nelore (480/633) and Senepol (153/633) bulls destined for the 2025/2026 breeding season on beef farms in the state of Mato Grosso do Sul. The analyses followed CBRA recommendations and included a general clinical examination, semen collection, and seminal evaluation, with observation of parameters such as motility, vigor, and sperm morphology. The data were organized into spreadsheets and analyzed descriptively, considering breed, age, scrotal circumference, and final fitness score. The results showed that 10.9% of the bulls were considered unfit for breeding. Senility was the main cause of culling, accounting for 33.8% of cases, followed by locomotor abnormalities, preputial defects, and low sperm motility. In the morphological analysis of semen, defects such as kinked tails, abnormal heads, and cytoplasmic droplets were the most frequent, being associated with reduced fertility. It is concluded that the andrological examination, despite being simple and low-cost, is essential in beef cattle farming, allowing the identification of animals with low reproductive capacity and preventing economic losses. Its application ensures greater reproductive efficiency, careful selection of sires, and advances in the genetic improvement of beef herds, reinforcing its importance as a routine practice.

Keywords: Discard. Fertil. Morphology. Senility.

[1] Acadêmica do 10º. período de Medicina Veterinária – UGV Centro Universitário - vet-brendamaurer@ugv.edu.br
[2] Professor do colegiado de medicina veterinária - UGV Centro Universitário - prof_lewsprenger@ugv.edu.br
[3] Mestrando do Instituto Zootecnia Nova Odessa-SP - edson_junior756@outlook.com

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

1 INTRODUÇÃO

Em 2024, o Brasil manteve o maior rebanho bovino comercial do mundo, com cerca de 194 milhões de cabeças, representando 11,6% do total global (ABIEC, 2025). A Região Centro-Oeste destacou-se como principal produtora, concentrando mais de 30% da bovinocultura nacional (Embrapa, 2025). Nesse contexto, estimou-se a necessidade de aproximadamente 392 mil novos touros para atender à demanda reprodutiva (Costa-e-Silva et al., 2024).

A eficiência reprodutiva é fundamental para a competitividade da pecuária, sendo o touro peça-chave nos sistemas extensivos, já que um único reprodutor influencia o desempenho de várias fêmeas (Barbosa et al., 2005; Azevedo, 2023). Assim, o exame andrológico torna-se indispensável na seleção de reprodutores, pois permite identificar alterações que comprometem a fertilidade e prevenir prejuízos reprodutivos no rebanho (Díaz-Miranda et al., 2024; King & Hopper, 2024).

As alterações espermáticas e demais inaptidões reprodutivas podem ser detectadas por meio do exame clínico, seminal e comportamental, sendo o exame andrológico a principal ferramenta utilizada no Brasil para estimar a fertilidade potencial dos touros (CBRA, 1998; Bernardy et al., 2022). Além disso, possibilita identificar enfermidades reprodutivas e classificar os animais em aptos, questionáveis ou inaptos para reprodução (Pinto et al., 2023).

Dessa forma, o presente estudo objetiva avaliar a importância do exame andrológico na seleção de touros e sua influência sobre a eficiência reprodutiva em rebanhos de corte.

2 MATERIAL E MÉTODOS

O presente estudo consistiu na avaliação de exames andrológicos de touros destinados à estação de monta da safra 2025/2026, realizado em propriedades rurais de pecuária de corte no estado de Mato Grosso do Sul, em quatro cidades, durante agosto de 2025. Foram avaliados 633 touros das raças Nelore (480) e Senepol (153), com idades entre 1 e 12 anos (Desvio Padrão ±2,1).

Os animais foram divididos em quatro faixas etárias, definidas com base na diferença entre o animal mais jovem e o mais velho do grupo, para avaliar o efeito da idade sobre os parâmetros reprodutivos. Para a raça Nelore, os touros foram distribuídos nas faixas ≥11,25 anos (26/480), 8,5–11,24 anos (141/480), 5,75–8,4 anos

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

(131/480) e <5,7 anos (179/480). Já para a raça Senepol, a divisão foi <3 anos (36/153), 3–5,9 anos (44/153), 6–8,9 anos (42/153) e ≥9 anos (31/153).

As faixas etárias foram definidas com base no intervalo observado em cada população, utilizando a divisão em quartis de idade, método frequentemente usado em estudos de caracterização andrológica e análise da influência da idade sobre a qualidade seminal (Hurri et al., 2022; Satrio et al., 2024). Na Tabela 3, a separação dos touros por faixa etária considera as diferenças no desenvolvimento reprodutivo e no desempenho andrológico entre animais jovens e adultos. Os touros foram submetidos a exames andrológicos conforme as recomendações do CBRA (1998).

Tabela 3 - Separação dos touros por idade e raça do exame andrológico

	Um a três anos de idade		**Mais de três anos de idade**	
Fazenda	**N°**	**Raça**	**N°**	**Raça**
Fazenda 1	0 1	Nelore Senepol	0 84	Nelore Senepol
Fazenda 2	30 27	Nelore Senepol	10 8	Nelore Senepol
Fazenda 3	33	Senepol	1	Senepol
Fazenda 4	0	Nelore	134	Nelore
Fazenda 5	16	Nelore	63	Nelore
Fazenda 6	28	Nelore	8	Nelore
Fazenda 7	4	Nelore	42	Nelore
Fazenda 8	15	Nelore	63	Nelore
Fazenda 9	0	Nelore	66	Nelore
Totais avaliados	**154**	**-**	**479**	**-**

Fonte: A Autora, 2025.

As propriedades avaliadas correspondiam a fazendas atendidas pela empresa responsável (Veredas Agronegócio) pela avaliação reprodutiva, representando o manejo típico de rebanhos de corte da região, baseado em pastagens com suplementação proteica e energética. O clima predominante é Aw (tropical de savana), com inverno seco e chuvas no verão (Tres et al., 2016).

Os touros Senepol avaliados apresentavam alto valor genético, oriundos de programas de transferência de embriões, incluindo animais do programa

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

GenePlus/Embrapa. Já os touros Nelore também eram provenientes de seleção criteriosa, com alguns portadores do CEIP. Assim, a amostra foi composta por reprodutores geneticamente superiores, destinados ao avanço produtivo e genético dos rebanhos da região.

As avaliações seguiram recomendações do CBRA (2013) e da Embrapa (Barbosa et al., 2005), sendo realizadas por profissionais capacitados em três etapas: exame clínico geral, coleta de sêmen e exame seminal. O exame clínico incluiu inspeção do sistema reprodutor, perímetro escrotal, aprumos, cascos e articulações. A coleta de sêmen foi realizada por eletroejaculação, seguida de análise imediata da motilidade, vigor e concentração espermática em microscopia óptica.

Para a análise morfológica, foram utilizados esfregaços corados com eosina-nigrosina e preparação úmida com rosa-de-bengala, conforme recomendações do CBRA (1998). As lâminas foram avaliadas em microscópio óptico com objetiva de 100x para identificação de alterações estruturais dos espermatozoides. Touros reprovados em qualquer etapa eram descartados das avaliações subsequentes.Seguindo o método recomendado pelo CBRA (2013), os critérios de descarte de touros foram definidos de acordo com a gravidade das alterações identificadas, considerando inviáveis para reprodução os touros que apresentaram:

(A) alterações locomotoras e de aprumos;

(B) motilidade progressiva < 30%;

(C) defeitos maiores > 30% ou totais > 70%;

(D) alterações patológicas irreversíveis no trato reprodutivo

(E) senilidade.

Os dados obtidos foram inicialmente tabulados em planilhas do Microsoft Excel®, organizados por fazenda, contendo informações individuais de cada animal, como número de identificação (brinco), raça, idade, circunferência escrotal, forma e consistência dos testículos, além de parâmetros seminais (motilidade, vigor e aspecto), observações clínicas e percentuais de células normais e anormais, bem como a classificação quanto à aptidão reprodutiva. Para apresentação no trabalho, foi realizada uma separação descritiva dos resultados, destacando-se os principais motivos de descarte, a comparação entre raças e a distribuição etária (1 a 3 anos e acima de 3 anos). Adicionalmente, os touros foram avaliados conforme o desempenho em cada etapa do exame andrológico, permitindo a exposição comparativa entre as raças em diferentes fases de avaliação.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Conforme a Tabela 4, 10,9% (69/633) dos touros foram classificados como indesejáveis para utilização na estação de monta; os percentuais observados mostraram-se dentro de níveis aceitáveis, estando em conformidade com os valores relatados por Díaz-Miranda et al. (2024), que observaram aproximadamente 14% de touros não aprovados em avaliação andrológica. Em síntese, os percentuais variam conforme população, ambiente e manejo (por exemplo, idade, estação e estresse térmico influenciam os parâmetros seminais), reforçando a importância do exame andrológico pré-monta para triagem e descarte de reprodutores de risco (Barth, 2018; Chenoweth, 2016).

Tabela 4 - Touros considerados desejáveis, indesejáveis ou questionáveis conforme etapas do exame andrológico

	Nelore			Senepol		
	Apto	**Inapto**	**Questionáveis**	**Apto**	**Inapto**	**Questionáveis**
Exame clínico	374	39	-	105	14	-
Coleta de sêmen	53	2	-	12	7	-
Exame seminal	3	4	5	12	3	-
Total	**430**	**45**	**5**	**129**	**24**	**0**

Fonte: A Autora, 2025.

A idade dos touros influencia diretamente a qualidade seminal e os resultados do exame andrológico. Animais jovens apresentam menor motilidade e maior incidência de anomalias morfológicas, enquanto touros mais velhos tendem a apresentar maior fragmentação do DNA espermático e queda na qualidade do sêmen (Brito et al., 2002; Kipper et al., 2017; Hurri et al., 2022). Já os adultos mantêm parâmetros reprodutivos mais estáveis, reforçando a importância da estratificação etária para definir o melhor período de uso reprodutivo e critérios de descarte.

Nos touros Nelore, os animais mais velhos (≥11,25 anos) apresentaram pior qualidade seminal, enquanto os de idade intermediária (5,75–11,24 anos) mostraram maior estabilidade reprodutiva. Os mais jovens (<5,7 anos) ainda apresentaram variações relacionadas ao desenvolvimento sexual.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

No rebanho Senepol, os touros de idade intermediária (<3 a 8,9 anos) apresentaram maior perímetro escrotal e melhor qualidade seminal, sendo mais indicados para uso intensivo. Já os animais ≥9 anos mantiveram fertilidade satisfatória, porém com maior risco de anomalias e declínio reprodutivo.

Entre as raças, a principal diferença está na precocidade sexual. O Senepol apresenta puberdade mais precoce, podendo produzir sêmen viável entre 12 e 16 meses, enquanto o Nelore atinge a puberdade mais tardiamente. Além disso, o sêmen do Senepol tende a apresentar características mais próximas às raças taurinas europeias, enquanto zebuínos historicamente apresentam menor motilidade e concentração espermática, resultando em maior descarte seminal.

A análise andrológica permitiu identificar alterações em diferentes níveis (macroscópico, microscópico e morfológico), as quais serviram como base para a determinação dos critérios de descarte (Tabela 5).

Tabela 5 - Motivos dos descartes de touros (N=68) Nelore e Senepol e sua respectiva repetição

Motivo do descarte dos touros	**Nº**
Senil	23
Locomotor	10
Baixa motilidade	9
Defeitos patológicos/Sem coleta	7
Acropostite (umbigueira)	5
Aprumos	5
Biotipo	3
Azoospermia	2
Desvio peniano/Defeito em prepúcio	2
Assimetria com rotação testicular	1
Castrado	1
Degeneração testicular	1
Total	**68**

Fonte: A Autora, 2025.

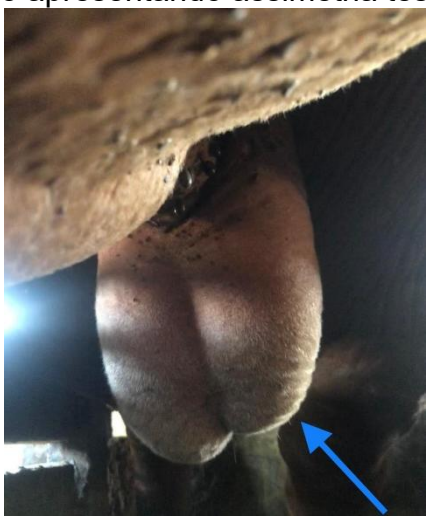
A morfologia escrotal exerce influência direta sobre a fertilidade dos touros. Animais com escroto de conformação normal e cordão espermático bem definido tendem a apresentar testículos maiores e melhor qualidade seminal, enquanto touros com escroto curto geralmente possuem sêmen inferior (Kastelic et al., 1997; Bicudo, Siqueira & Meira, 2007). Alterações na simetria, conformação ou consistência testicular podem indicar processos patológicos, tornando a palpação um método importante para identificar anormalidades. Segundo Galvani (2022), a assimetria testicular pode estar associada à hipoplasia testicular, sendo diferenças superiores a

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

1,0 cm no comprimento ou 0,5 cm na largura frequentemente utilizadas como critério de descarte. Contudo, o uso exclusivo dessas medidas pode levar ao descarte desnecessário de animais sem comprometimento seminal, especialmente em touros jovens, reforçando a importância de reavaliações antes da decisão definitiva (Salvador et al., 2021 apud Galvani, 2022).

O segundo principal fator de descarte dos touros avaliados foi a presença de defeitos locomotores e de aprumos, responsáveis por 21,74% (15/70) dos descartes. Essas alterações comprometem a capacidade de deslocamento, dificultando a procura e cobertura das fêmeas, além de estarem associadas à dor, desconforto e menor desempenho reprodutivo. As limitações locomotoras representam importante prejuízo econômico, pois reduzem a fertilidade e a eficiência produtiva dos rebanhos (Nogueira et al., 2025).

Figura 12 - Bovino apresentando assimetria testicular (seta azul)



Fonte: A Autora, 2025.

A morfologia escrotal exerce influência direta sobre a fertilidade dos touros. Animais com escroto de conformação normal e cordão espermático bem definido tendem a apresentar testículos maiores e melhor qualidade seminal, enquanto touros com escroto curto geralmente possuem sêmen inferior (Kastelic et al., 1997; Bicudo, Siqueira & Meira, 2007). Alterações na simetria, conformação ou consistência testicular podem indicar processos patológicos, tornando a palpação um método importante para identificar anormalidades. Segundo Galvani (2022), a assimetria testicular pode estar associada à hipoplasia testicular, sendo diferenças superiores a 1,0 cm no comprimento ou 0,5 cm na largura frequentemente utilizadas como critério de descarte. Contudo, o uso exclusivo dessas medidas pode levar ao descarte

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

desnecessário de animais sem comprometimento seminal, especialmente em touros jovens, reforçando a importância de reavaliações antes da decisão definitiva (Salvador et al., 2021 apud Galvani, 2022).

O segundo principal fator de descarte dos touros avaliados foi a presença de defeitos locomotores e de aprumos, responsáveis por 21,74% (15/70) dos descartes. Essas alterações comprometem a capacidade de deslocamento, dificultando a procura e cobertura das fêmeas, além de estarem associadas à dor, desconforto e menor desempenho reprodutivo. As limitações locomotoras representam importante prejuízo econômico, pois reduzem a fertilidade e a eficiência produtiva dos rebanhos (Nogueira et al., 2025).

Figura 13 - Bovino apresentando defeito de aprumos posteriores (setas verdes)



Fonte: A Autora, 2025.

O touro deve apresentar boa locomoção, sobretudo em sistemas extensivos, onde percorre longas distâncias, e como a monta e a cópula exigem muito dos membros posteriores, a integridade de pernas e cascos é indispensável; além disso, a estrutura correta de pés e pernas sustenta a locomoção e o desempenho em sistemas a pasto, condição essencial para a eficiência produtiva e reprodutiva (Sitz et al. 2023). Segundo Amaral (2009), defeitos na conformação de membros, articulações e cascos comprometem a funcionalidade dos touros e, em alguns casos, possuem origem hereditária. Essas alterações, quando transmitidas à progênie, podem reduzir o desempenho reprodutivo e limitar a eficiência dos programas de melhoramento genético. Assim, Bernardy (2022), destaca que qualquer alteração congênita ou hereditária em qualquer sistema orgânico deve ser motivo de descarte.

Entre os animais avaliados, cinco apresentaram acropostite/acrobustite, também denominada umbigueira, sendo três casos em touros Nelore e dois em Senepol. Trata-se de uma inflamação do prepúcio, aguda ou crônica, associada a

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

lesões, edema, fibrose e prolapso da mucosa prepucial, podendo evoluir para estenose e fimose (Silva et al., 2023). Devido às graves implicações reprodutivas, esses animais foram considerados inaptos para reprodução e descartados.

A enfermidade ocorre com maior frequência em touros zebuínos submetidos à monta natural, principalmente aqueles com prepúcio longo e musculatura prepucial enfraquecida (Freitas et al., 2021). Além de comprometer o desempenho reprodutivo, o tratamento muitas vezes é inviável na rotina das fazendas, tornando necessária intervenção cirúrgica, embora o prognóstico pós-operatório geralmente seja desfavorável (Irons, 2019; Galvani, 2022). Por isso, Koury Filho et al. (2003) recomendam o descarte de touros com prepúcio excessivamente longo, característica considerada hereditária.

Figura 14 - Touro apresentando acropostite/acrobustite



Fonte: A Autora, 2025.

Dentro da avaliação reprodutiva, a análise morfológica do sêmen complementa os achados clínicos, sendo um parâmetro importante para estimar a qualidade espermática e o potencial de fertilidade do touro. Entre os 633 touros avaliados, 2,53% (16/633) foram considerados inaptos devido à baixa motilidade ou à presença de defeitos espermáticos importantes. Desses animais, 56,25% (9/16) apresentaram motilidade progressiva inferior a 70% ou ausência total de motilidade, além de vigor 0, indicando ausência de espermatozoides com movimento progressivo retilíneo. Estudos recentes mostram que motilidade progressiva abaixo de 50% está associada à redução da fertilidade, enquanto valores acima de 50% de motilidade e 70% de morfologia normal indicam fertilidade acima da média do grupo (Pichardo-Matamoros et al., 2023). Além da motilidade, a morfologia espermática também é essencial, pois alterações estruturais podem comprometer a capacidade fecundante dos gametas.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

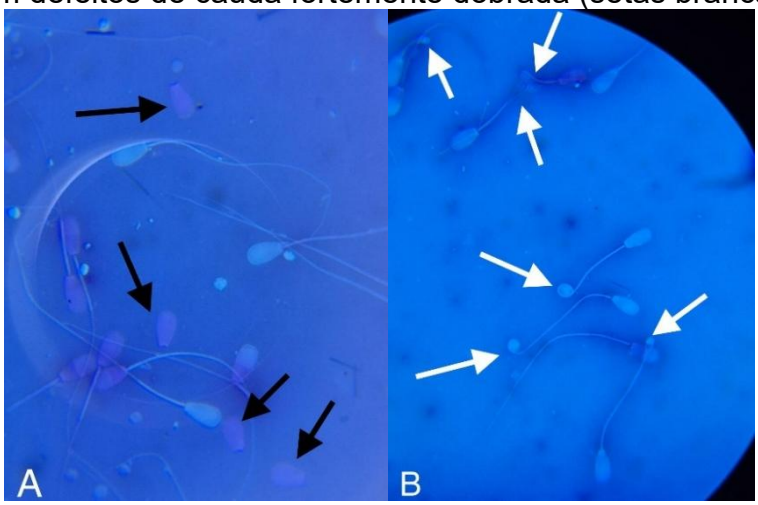
Como os espermatozoides são pouco visíveis na microscopia de campo claro, torna-se necessária a utilização de corantes. A eosina-nigrosina permite avaliar a morfologia espermática e a integridade da membrana plasmática, além de apresentar preparo prático. Já o rosa-de-bengala associado à solução formol-salina cora os espermatozoides de rosa sobre fundo claro (Barth, 2007; Bernardy et al., 2022).

A avaliação morfológica deve ser realizada em 200 células, considerando as normais e registrando apenas um defeito por célula anormal. Quando uma mesma célula apresenta mais de um defeito, registra-se o de maior gravidade (Freneau, 2011). Segundo Bernardy (2022), embora existam diferentes métodos de avaliação, a classificação proposta por Blom (1973) continua sendo a mais utilizada. Nessa classificação, os defeitos são divididos em maiores, que comprometem diretamente a fertilidade, e menores, com menor impacto reprodutivo. Já Saacke (2008) classifica os defeitos em compensáveis, que impedem o espermatozoide de chegar ao oócito, e não compensáveis, que permitem a fecundação, mas prejudicam o desenvolvimento embrionário.

Durante as análises dos esfregaços, os defeitos mais frequentes observados foram cauda fortemente dobrada (Figura 15A), cabeças isoladas (Figura 15B), formas piriformes e gotas citoplasmáticas proximais. Esses achados concordam com Barth (2007), que descreve essas alterações como comuns em bovinos e importantes para a fertilidade, pois podem prejudicar a motilidade progressiva, a penetração na zona pelúcida e o sucesso da fecundação. Ainda segundo o autor, defeitos de cabeça, como formas piriformes e vacuolizações nucleares, afetam diretamente a integridade genética do gameta e o desenvolvimento embrionário, enquanto alterações de cauda e peça intermediária estão associadas a falhas na propulsão e no transporte espermático.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 15 - (A) Esfregaço de sêmen bovino contendo espermatozóides com cabeças isoladas (setas pretas). (B) Lâmina de esfregaço seminal contendo espermatozóides com defeitos de cauda fortemente dobrada (setas brancas)



Fonte: A Autora, 2025.

Embora não descritos, outros motivos também levaram ao descarte de reprodutores. Alterações de biotipo, especialmente condição corporal inadequada e conformação de lombo deficientes, são comumente relatadas em avaliações de Bull Breeding Soundness como critérios de descarte por comprometer a mobilidade ou eficiência reprodutiva (Armstrong & Koziol, 2022). Castração prévia ou presença de azoospermia decorrente de hipoplasia testicular ou degeneração (Koziol & Palmer, 2023) são causas diretas de infertilidade e levam à inviabilidade do uso do animal como reprodutor. Além disso, desvios penianos ou anomalias genitais podem impedir a cópula e comprometem diretamente a capacidade reprodutiva (Wolfe et al., 2018).

4 CONCLUSÃO

O exame andrológico mostrou-se uma ferramenta indispensável na pecuária de corte, especialmente na seleção de reprodutores, destacando condições que comprometem não apenas a fertilidade individual, mas também a produtividade global do rebanho. Apesar de sua simplicidade e baixo custo, o exame gera grande impacto financeiro positivo, ao prevenir a utilização de reprodutores subférteis e assegurar maior taxa de prenhez. Assim, é possível consolidar essas técnicas usadas como essenciais ao selecionar touros que contribuam para o melhoramento genético, reduzindo a propagação de características indesejáveis, visando aumentar a competitividade e produtividade da pecuária brasileira.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

REFERÊNCIAS

ABAH, Kenneth Owoicho; et al. **Effect of male age on semen quality in domestic animals: potential for advanced functional and translational research?** *Veterinary Research Communications*, v. 47, p. 1125-1137, 2023. DOI: https://doi.org/10.1007/s11259-023-10159-1

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE SENEPOL (ABCB). **Características**. Disponível em: https://senepol.org.br/caracteristicas/. Acesso em: 11 out. 2025.

AMARAL, T. B. **Fertilidade, funcionalidade e genética de touros zebuínos**. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MELHORAMENTO ANIMAL, 7., 2009, João Pessoa. Anais [...]. João Pessoa: Sociedade Brasileira de Melhoramento Animal, 2009. p. 1-9. Disponível em: https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/854676/1/amaral01.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

ANCHIETA, M. C. et al. **Descarte e congelabilidade do sêmen de touros de raças zebuínas e taurinas em central de inseminação artificial no Brasil.** *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 57, n. 2, p. 196-204, 2005.

ARMSTRONG, D. V.; KOZIOL, J. H. **Bull Breeding Soundness Evaluation: considerations of physical soundness and body condition.** *Applied Reproductive Strategies in Beef Cattle (ARSBC)*, San Antonio, p. 89-96, 2022. Disponível em: https://beefrepro.org/wp-content/uploads/2022/08/2022-ARSBC-Armstrong-Koizol-Proceedings.pdf. Acesso em: 21 set. 2025.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DAS INDÚSTRIAS EXPORTADORAS DE CARNE (ABIEC). **Beef Report 2025: perfil da pecuária no Brasil**. São Paulo: ABIEC, 2025. Disponível em: https://abiec.com.br/publicacoes/beef-report-2025-perfil-da-pecuaria-no-brasil/. Acesso em: 1 set. 2025.

AZEVEDO, B. M. et al. **Avaliação dos parâmetros obtidos em exames andrológicos de um núcleo de reprodutores Charoleses no Ribatejo: importância da fertilidade do touro em sistemas extensivos.** *Universidade de Lisboa*, 2023. Disponível em: <repositório da ULisboa>. Acesso em: 14 set. 2025.

BARBOSA, R. T.; MACHADO, R.; BERGAMASCHI, M. A. C. M. **A importância do exame andrológico em bovinos**. São Carlos, SP: Embrapa Pecuária Sudeste, 2005. (Circular Técnica, 41). ISSN 1516-4111X.

BARTH, Albert D. **Evaluation of potential breeding soundness of the bull.** In: YOUNGQUIST, Robert S.; THRELFALL, William R. (ed.). *Current Therapy in Large Animal Theriogenology*. 2. ed. St. Louis: Saunders Elsevier, 2007. cap. 31, p. 228-240.

BARTH, A. D. **Review: The use of bull breeding soundness evaluation to identify subfertile bulls.** *Theriogenology*, v. 112, p. 69-74, 2018. DOI: 10.1017/S1751731118000538

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

BERNARDY, Mateus, et al. **Exame andrológico em touros: aplicações práticas**. *Revista Brasileira de Buiatria – Reprodução*, v. 1, n. 3, 2022.

BICUDO, S. D.; SIQUEIRA, J. B.; MEIRA, C. ***Patologias do sistema reprodutor de touros*. Palestra** – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Botucatu, SP, 2007.

BRITO, L. F. et al. **Effects of environmental factors, age and genotype on sperm production and semen quality in Bos indicus and Bos taurus AI bulls in Brazil.** Animal Reproduction Science, v. 70, p. 181-190, 2002.

CARREIRA, J. T.; TREVIZAN, J. T.; CARVALHO, I. R.; et al. **Does sperm quality and DNA integrity differ in cryopreserved semen samples from young, adult and aged Nellore bulls?** Basic and Clinical Andrology, v. 27, p. 12, 2017. DOI: 10.1186/s12610-017-0054-0. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC5479005/. Acesso em: 11 out. 2025

COLÉGIO BRASILEIRO DE REPORDUÇÃO ANIMAL –CBRA. **Manual para exame andrológico a avaliação de sêmen animal**. 2.ed. Belo Horizonte, 1998. 49p.

CBRA – Colégio Brasileiro de Reprodução Animal. ***Manual para exame andrológico e avaliação de sêmen animal.*** 3. ed. Belo Horizonte: CBRA, 2013. 104 p.

COSTA-E-SILVA, Eliane Vianna da; GALVANI, Fernando; MACEDO, Gustavo Guerino. **Revisando a proporção Touro:Vaca em bovinos de corte**. In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANDROLOGIA ANIMAL, 8., 2024, Campo Grande. *Anais...* Campo Grande: Associação Brasileira de Andrologia Animal, 2024. DOI: https://doi.org/10.21451/1809-3000.RBRA2024.007.

CHENOWETH, P. J. **Bull breeding soundness, semen evaluation and cattle productivity.** *Animal Reproduction Science*, v. 169, p. 32-36, 2016. DOI: 10.1016/j.anireprosci.2016.03.001

DÍAZ-MIRANDA, Edgar Andrés, et al. **Seleção baseada na avaliação da sanidade reprodutiva está associada à melhoria da qualidade reprodutiva de touros jovens da raça Nelore.** Theriogenology, v. 226, p. 369-377, 15 set. 2024.

EMBRAPA. **Anuário CiCarne da cadeia produtiva da carne bovina**: 2024-2025. Campo Grande, MS: Embrapa Gado de Corte, 2025. (Documentos, 322). ISSN 1983-974X.

FARIA, A. C. F. *et al.* **Avaliação do perímetro escrotal e características seminais de touros Senepol, de acordo com a idade.** Ciência Animal (UECE), v. 27, n. 3, p. 3–14, 2017

FONSECA, V. O. et al. **Aptidão reprodutiva de touros da raça Nelore: efeito de diferentes estações do ano sobre as características seminais, circunferência escrotal e fertilidade.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 44, n. 1, p. 7-15, 1992.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

FONSECA, A. A. et al. **Potencial reprodutivo (PR) de touros Nelore avaliados por parâmetros andrológicos e comportamento sexual**. *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 73, n. 5, p. 1069-1078, 2020. DOI: https://doi.org/10.1590/1678-4162-12424.

FREITAS, Vantuil Moreira de, et al. **Aspectos morfológicos da genitália externa de touros associados à impotência coeundi**. *Enciclopédia Biosfera*, v. 18, n. 37, p. 1-12, 2021. DOI: 10.18677/EnciBio_2021C7.

FRENEAU, G. E. et al. **Puberdade em touros Nelore criados em pasto no Brasil: características corporais, testiculares e seminais e de índice de capacidade andrológica por pontos.** *Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia*, Belo Horizonte, v. 58, n. 6, p. 1107-1115, 2006.

GALVANI, Fernando. **Quais são as dúvidas no momento do exame clínico andrológico bovino?** In: REUNIÃO ANUAL DA ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE ANDROLOGIA ANIMAL, 6., 2022, Campinas. *Anais...* Campinas: Associação Brasileira de Andrologia Animal, 2022. DOI: https://doi.org/10.21451/1809-3000.RBRA2022.011

GODFREY, R. W.; DODSON, R. E. **Breeding soundness evaluations of Senepol bulls in the U.S. Virgin Islands.** Theriogenology, v. 63, n. 3, p. 831–840, 2005. DOI: 10.1016/j.theriogenology.2004.05.001. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15629801/. Acesso em: 11 out. 2025.

HURRI, L. et al. ***Post-thaw semen quality in young bull ejaculates before being accepted for commercial semen doses.*** Veterinary Record, v. 190, n. 7, e1386, 2022. DOI: 10.1002/vetr.1386

IRONS, Peter Charles. ***Applied anatomy, pathophysiology and a revised scoring system of bull sheaths***. In: AUSTRALIAN VETERINARY ASSOCIATION. AVA Proceedings. Sydney: Australian Veterinary Journal, 2019.
KASTELIC, John P, et al. **Novos métodos de avaliação da capacidade reprodutiva de touros.** 1997.

King, E. H.; Hopper, R. M. **The Bull Breeding Soundness Examination and Its Application in the Production Setting.** Veterinary Clinics of North America: Food Animal Practice, 40(1):19–27, 2024. doi:10.1016/j.cvfa.2023.08.001. Disponível em:https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/38245355/

KIPPER, B. H. et al. **Sperm chromatin integrity and protamination in Nelore bulls of different ages.** Animal Reproduction Science, v. 184, p. 113–121, 2017.

KOURY FILHO, et al. **Parâmetros genéticos para escores de umbigo e características de produção em bovinos da raça Nelore.** Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 55, n. 5, p. 594- 598, 2003.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

KOZIOL, J. H.; PALMER, C. W. **Pathophysiology, diagnosis and management of testicular degeneration in the bull.** *Clinical Theriogenology*, v. 15, n. 1, p. 1-10, 2023. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/370142098_Pathophysiology_diagnosis_and_management_of_testicular_degeneration_in_the_bull. Acesso em: 21 set. 2025.

LIMA, F. P. C. *et al.* **Perímetro escrotal e características seminais de touros da raça Nelore selecionados para precocidade sexual**. Arquivo Brasileiro de Medicina Veterinária e Zootecnia, v. 65, p. 1603–1608, 2013.

MARÍN-URÍAS**, L. F. et al. Bull Breeding Soundness Assessment Using Artificial Neural Network-Based Predictive Models**. *Agriculture*, v. 14, n. 1, p. 67, 2023. DOI: https://doi.org/10.3390/agriculture14010067

NOGUEIRA, Ériklis., et al. **Fertilidade do touro e perdas gestacionais em bovinos: impacto de fatores genéticos e ambientais na eficiência reprodutiva.** *Anais do XXVI Congresso Brasileiro de Reprodução Animal*, Curitiba, PR, 07 a 09 de maio de 2025. DOI: 10.21451/1809-3000.RBRA2025.015

OLIVEIRA, Letícia Zoccolaro., et al.. **Efeito da idade sobre as principais características andrológicas de touros Brangus-Ibagé criados extensivamente no estado do Mato Grosso do Sul – Brasil**. *Acta Scientiae Veterinariae*, v. 39, n. 1, p. 946, 2011. Disponível em: https://www.actascientiae.org/doi/pdf/10.22456/1679-9216.946. Acesso em: 4 set. 2025.

PARDEDE, B. P.; et al. **Decreased bull fertility: age-related changes in sperm motility and DNA fragmentation.** E3S Web of Conferences, v. 151, p. 01010, 2020. DOI: 10.1051/e3sconf/202015101010. Disponível em: https://www.e3s-conferences.org/articles/e3sconf/abs/2020/11/e3sconf_icvaes2020_01010/e3sconf_icvaes2020_01010.html. Acesso em: 24 set. 2025.

PICHARDO-MATAMOROS, D.; SEVILLA, F.; ELIZONDO-SALAZAR, J.; et al. **Exploration of semen quality analyzed by CASA-mot systems of Brahman bulls infected with BLV and BHV-1.** Scientific Reports, v. 13, artigo 18659, 2023. DOI: 10.1038/s41598-023-45981-9

PINTO, Sâmara Cristine Costa, et al. **Avaliação andrológica de touros presentes em propriedades rurais ao Arranjo Produtivo Local Lácteo (APL) do Oeste Goiano.** *[S.l.: s.n.],* 2023.

SAACKE, R. G. **Sperm morphology: Its relevance to compensable and uncompensable traits in semen.** Theriogenology, 2008, 70(3): 473-478. DOI:10.1016/j.theriogenology.2008.04.012

SATRIO, F. A.; et al. **Age-dependent variations in proteomic characteristics of spermatozoa in Simmental bull.** Frontiers in Veterinary Science, v. 11, art. 1393706, 2024. DOI: 10.3389/fvets.2024.1393706. Disponível em: https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fvets.2024.1393706/full. Acesso em: 24 set. 2025.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

SEVILLA, F. et al. **Effect of age and scrotal circumference on sperm morphology in Brahman bulls.** Frontiers in Veterinary Science, v. 12, 2025.

SILVA, A. R. da et al. **Efeito da idade do touro e do período de colheita de sêmen sobre as características físicas e morfológicas do sêmen de bovinos de raças europeias e zebuínas**. *Revista Brasileira de Zootecnia*, Viçosa, MG, v. 38, n. 7, p. 1218-1222, 2009.

SILVA, Vitória Fernanda Ferreira da, et al. **Complicação pós-cirúrgica na correção da acrobustite em touro Nelore: relato de caso.** *Enciclopédia Biosfera*, v. 20, n. 48, p. 1-9, 2023. DOI: 10.18677/EnciBio_2023D7.

SITZ, Taylre, et al.. **Importance of foot and leg structure for beef cattle in forage-based production systems**. *Animals*, v. 13, n. 3, p. 495, 2023. Disponível em: https://pmc.ncbi.nlm.nih.gov/articles/PMC9913362/pdf/animals-13-00495.pdf. Acesso em: 14 set. 2025.

TRES, Andressa; et al. **Classificação do Estado de Mato Grosso segundo sistema de zonas de vida de Holdridge.** *Enciclopédia Biosfera*, Goiânia, v. 13, n. 24, p. 1-14, 2016. DOI: 10.18677/Enciclopedia_Biosfera_2016_029.

TREVIZAN, J. T. et al. **Does lipid peroxidation and oxidative DNA damage in cryopreserved semen samples from young, adult, and aged Nellore bulls**. Animal Reproduction Science, v. 195, p. 8–15, 2018.

WILKE, K.H, et al**. Breeding Bull Management**. Lincoln: University of Nebraska–Lincoln Extension, 2021. Disponível em: https://extensionpubs.unl.edu/publication/g2332/2021/pdf/view/g2332-2021.pdf. Acesso em: 21 set. 2025.

WOLFE, D. F. et al. **Abnormalities of the bull: occurrence, diagnosis and treatment, including structural soundness**. *Theriogenology in Animal Reproduction Review*, v. 10, n. 2, p. 77-88, 2018. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/324898742_Review_Abnormalities_of_the_bull_-_occurrence_diagnosis_and_treatment_of_abnormalities_of_the_bull_including_structural_soundness. Acesso em: 21 set. 2025.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

CONTROLE GEOTÉCNICO E ESTABILIDADE EM OBRAS DE TERRA: ESTUDO DE CASO PRÁTICO COM O ENSAIO DO FRASCO DE AREIA E PARÂMETROS DE PROCTOR

Alexia Leandra Martins [1]
Gabriel Correa da Silva [2]
Manoela Ramos [3]
Vanessa Estriser [4]

RESUMO: O presente artigo analisa a importância da compactação do solo em obras de terra na engenharia civil, enfatizando a necessidade de um controle tecnológico rigoroso a fim de assegurar a estabilidade e a segurança estrutural. O objetivo central da pesquisa foi demonstrar como ocorre a determinação do teor de umidade e da massa específica do solo por meio do ensaio in-situ, ou seja, em campo pelo método frasco de areia associando-o aos parâmetros obtidos em laboratório pelo ensaio de Proctor para estabelecer o Grau de Compactação (GC). Em relação à metodologia, utilizou-se para a pesquisa uma abordagem técnica usando como base para a descrição e detalhamento do ensaio a ABNT NBR 7185 e demais literaturas especializadas. Os resultados obtidos possibilitam calcular o volume da cavidade e com a substituição da massa, alcançar o valor do Grau de Compactação sendo superior ao mínimo necessário atendendo ao exigido em projeto. A análise evidencia que o ensaio de frasco de areia feito em campo é uma ferramenta eficaz, simples e de ótimo custo-benefício para a obra, e indispensável para atestar a qualidade da compactação e assim prevenir a existência de futuras patologias na obra.

Palavras-Chave: Compactação do solo; Controle tecnológico; Ensaio in-situ; Frasco de areia; Grau de compactação.

ABSTRACT: This article analyzes the importance of soil compaction in earthworks within civil engineering, emphasizing the need for rigorous technological control to ensure structural stability and safety. The main objective of the research was to demonstrate how the determination of the moisture content and apparent density of the soil occurs through the in-situ test—that is, in the field using the sand cone method—associating it with the parameters obtained in the laboratory by the Proctor test to establish the Degree of Compaction (DC). Regarding the methodology, a technical approach was used for the research, based on ABNT NBR 7185 and other specialized literature for the description and detailing of the test. The results obtained make it possible to calculate the cavity volume and, with the mass substitution, achieve a Degree of Compaction value higher than the minimum required, thus meeting project specifications. The analysis shows that the sand cone test performed in the field is an efficient, simple tool with an excellent cost-benefit ratio for the work and is indispensable for attesting compaction quality and preventing future pathologies in the structure.

Keywords: Soil compaction; Technological control; In-situ test; Sand cone method; Degree of compaction.

1 INTRODUÇÃO

A compactação do solo é de suma importância em obras de engenharia como na construção de rodovias, barragens e fundações, para a estabilidade estrutural. O

[1] Graduando (a) em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[2] Graduando (a) em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[3] Graduando (a) em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[4] Graduada em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela EB-PÓS, Graduada em Design de Interiores pela faculdade Censupeg.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

solo devidamente compactado contribui para a prevenção e redução de impacto de recalques e permeabilidade, além de aumentar a capacidade de carga na superfície.

Após a compactação do solo é recomendada a verificação do resultado obtido, efetuando a comparação do mesmo em relação ao projeto da obra, o parâmetro resultante deve estar dentro do padrão previsto em laboratório. A comprovação é executada por meio do ensaio *in-situ* a fim de obter a massa específica aparente do solo, teor de umidade e grau de compactação.

No Brasil, de acordo com a NBR 7185 (ABNT, 2016), o ensaio *in-situ* deve ser realizado pelo método Frasco de Areia, definida como a técnica padrão de utilização, em razão de sua forma de execução que possui custo reduzido, método destrutivo simples e alto índice de confiabilidade.

Diante disso, o presente artigo apresenta um estudo detalhado sobre o ensaio *in-situ* pelo método frasco de areia, incluindo equipamentos utilizados, equações, resultados/parâmetros, aplicações e a demonstração ilustrativa de execução.

1.1 JUSTIFICATIVA

A segurança em relação à estabilidade estrutural das obras de terra é de suma importância e é constatada através do grau de compactação do solo, obtido através da realização do ensaio de controle tecnológico frasco de areia. Este estudo permite aprofundar o conhecimento e compreensão quanto à fundamentação teórica e detalhamento do desenvolvimento deste método para mitigar erros de execução em campo. Desta forma, a pesquisa contribui para o entendimento do ensaio, em relação a sua execução e resultados, para a prevenção de falhas estruturais e patologias nas infraestruturas bem como na redução de gastos excessivos com manutenção ou retrabalho provenientes de erros de execução durante a compactação.

1.1.1 Problema de pesquisa

O problema central desta pesquisa consiste em comprovar e compreender o ensaio em questão e assim garantir que a compactação do solo realizada na obra atenda aos parâmetros exigidos em projeto. Utilizando o método como ferramenta para a verificação do Grau de Compactação (GC), deste modo mostrar como o ensaio permite correlacionar a massa específica obtida na obra com os índices ótimos previstos em projeto, a fim de garantir a estabilidade e segurança das obras de terra.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Demonstrar como se obtêm os índices de teor de umidade e massa específica do solo, relacionando-os aos resultados do ensaio de Proctor, oriundos do projeto, e gerando o grau de compactação, através do ensaio de controle tecnológico: in-situ - método frasco de areia.

1.2.2 Objetivos específicos

Para atingir o objetivo geral, essa pesquisa busca primeiramente descrever o procedimento operacional e os equipamentos necessários para a realização do ensaio do frasco de areia conforme a normatização técnica vigente. Em seguida apresentar as equações matemáticas empregadas no cálculo da massa específica aparente seca in situ, do teor de umidade e do grau de compactação (GC). Por fim, classifica a pesquisa quanto à sua natureza, objetivos, abordagem e procedimentos técnicos segundo as diretrizes metodológicas do Manual de Normas Técnicas para Trabalhos Acadêmicos da instituição.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A compactação do solo é um processo mecânico de densificação que tem como objetivo reduzir o índice de vazios, especialmente o volume de ar, através da expulsão do ar contido na massa inicial do solo devido à compressão aplicada sobre o mesmo. Esse processo promove a redução da permeabilidade e compressibilidade, assim como uma maior resistência ao cisalhamento e o aumento da densidade do material (Caputo, 2012).

Para a verificação da compactação do solo in situ e a determinação do seu grau de densificação, realiza-se o ensaio pelo método do frasco de areia. Para este controle tecnológico, emprega-se o uso do aparelho composto por um recipiente transparente acoplado a um funil metálico duplo com registro, uma base metálica com furo central, também chamada de prato guia, e areia padronizada com densidade conhecida. Adicionalmente utiliza-se uma balança de precisão para a aferição das massas e empregam-se o uso de ferramentas complementares para a execução do ensaio, sendo estas, talhadeira de aço e martelo para a escavação na cavidade, colher de pedreiro, que pode ser substituída por uma concha de cozinha conforme preferência

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

do laboratorista, para a remoção do solo e pincel para a limpeza da superfície de ensaio NBR 7185 (ABNT, 2016).

Conforme a demonstração prática (PROF. NARA CANGUSSU, 2021), no início do processo de execução do ensaio, é aferido o peso do cone com o frasco contendo areia, a qual foi previamente calibrada e tem a sua densidade conhecida. A superfície estudada deve ser nivelada, e após, o laboratorista inicia a escavação de aproximadamente 15 centímetros de profundidade, retirando o solo compactado, que terá seu peso aferido ainda com a umidade. Na sequência, ainda em campo, o material é seco em um recipiente no fogareiro, para então realizar o cálculo de teor de umidade.

No local da cavidade, com a base, é colocado o cone aberto, e a areia que está dentro do frasco preenche toda a região aberta, este processo dura aproximadamente 02 minutos. Em seguida, deve-se registrar novamente o peso do cone com o frasco, subtraindo do peso anterior, tem-se a massa de areia que estava dentro da cavidade, podendo ser calculado o volume do furo por meio dos pesos e densidade da areia.

Posteriormente à execução prática do ensaio, tem-se a parte de obtenção dos resultados, onde é feita a verificação do serviço de compactação executado, conforme os parâmetros de laboratório, segue abaixo a demonstração de exemplo, com dados fictícios.

2.1 MEMORIAL DE CÁLCULO DO ENSAIO

Para estabelecer os padrões físicos e mecânicos do solo em campo, são realizadas as etapas de cálculo determinadas pela norma técnica e aplicadas no estudo de caso. As equações matemáticas descritas e exemplificadas a seguir permitem analisar os dados obtidos experimentalmente, assegurando a precisão e confiabilidade do método de verificação da qualidade de execução da obra.

2.1.1 Etapa 01: cálculo do volume da cavidade:

Peso da areia na cavidade (g): 2,901

Densidade da areia: 1,455

$$V = \frac{Peso\ da\ areia\ na\ cavidade}{Densidade\ da\ areia} \rightarrow V = \frac{2{,}901}{1{,}455} = 1{,}994$$

2.1.2 Etapa 02: cálculo da densidade úmida:

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Peso do material retirado da cavidade (g): 4,099 g

Volume da cavidade: 1,994

$$Dens.\,úmida = \frac{4{,}099}{1{,}994} = 2{,}056$$

2.1.2 Etapa 03: cálculo de teor de umidade (%):

Peso da frigideira com solo úmido (g): 456,70

Peso da frigideira com solo seco (g): 431,00

Peso da tara da frigideira (g): 322,00

$$\text{Peso da água} = \frac{Peso\ da\ frigideira\ com\ solo\ úmido}{Peso\ da\ frigideira\ com\ solo\ seco} = \frac{456{,}70}{431{,}00} = 25{,}70g$$

$$\text{Peso do solo seco} = \frac{Peso\ da\ frigideira\ com\ solo\ seco}{Peso\ da\ tara\ da\ frigideira} = \frac{431{,}00}{322{,}00} = 109{,}00g$$

$$\text{Teor de umidade} = \frac{Peso\ c/\ solo\ úmido - Peso\ c/\ solo\ seco}{Peso\ com\ solo\ seco - Peso\ da\ tara} = \frac{456{,}7-431{,}0}{431{,}0-322{,}0} = 23{,}58$$

2.1.3 Etapa 04: cálculo da densidade seca:

Densidade úmida: 2,056

Teor de umidade (%): 23,58

$$\text{Densidade seca} = \frac{Densidade\ úmida}{1 + (Teor\ de\ umidade\ /\ 100)} = \frac{2{,}056}{1 + (23{,}58/100)} = 1{,}664$$

2.1.4 Etapa 05: cálculo do Grau de Compactação (%):

Massa esp. Máxima seca - Proctor (kg/m³): 1,662

Umidade ótima (%): 23,50 (encontrada 23,58%, sendo considerada dentro do parâmetro)

Densidade seca: 1,664

$$\text{Grau de compactação} = \frac{Densidade\ seca}{Massa\ esp.Máx.} * 100 = \frac{1{,}664}{1{,}662} * 100 = 100{,}1\%$$

Com o objetivo de facilitar a visualização e a compreensão dos dados obtidos ao longo do controle tecnológico, a Figura 01 explana um modelo de planilha elaborada pelos autores. A tabela sintetiza de forma prática as cinco etapas essenciais do ensaio explicadas anteriormente, desde o cálculo do volume da cavidade e da densidade úmida até a determinação do teor de umidade, densidade seca e Grau de Compactação final, possibilitando uma análise clara e rápida do atendimento aos parâmetros normativos e de projeto.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 01: Ensaio de Massa Específica

ENSAIO DE MASSA ESPECÍFICA *IN-SITU* - MÉTODO FRASCO DE AREIA					
DADOS CONTRATUAIS					
CLIENTE					
OBRA					
LOCAL					
TRECHO					
DADOS DO ENSAIO					
TIPO DE MATERIAL:		CAMADA:			
DATA DO ENSAIO:					
ESTACA:					
LADO:					
PESO DO FRASCO					
Peso do frasco antes (g)	12,554	12,529	12,441		
Peso do frasco depois (g)	7,05	7,044	6,99		
Peso da areia deslocada (g)	5,504	5,485	5,451		
AREIA					
Peso da areia no cone (g)	2,603	2,603	2,603		
Peso da areia na cavidade (g)	2,901	2,882	2,848		
Densidade aparente da areia	1,455	1,455	1,455		
FURO					
Volume do material	1,994	1,981	1,957		
Altura (cm)	15,10	15,2	15,1		
SOLO ÚMIDO					
Peso do material retirado	4,099	4,071	4,027		
Densidade úmida	2,056	2,055	2,057		
TEOR DE UMIDADE (FOGAREIRO)					
Número	1	2	3		
Peso frigideira + Solo úmido (g)	456,70	545,40	880,00		
Peso frigideira + Solo seco (g)	431,00	503,10	773,50		
Peso - tara da frigideira (g)	322,00	322,00	322,00		
Peso da água (g)	25,70	42,30	106,50		
Peso do solo seco (g)	109,00	181,10	451,50		
Teor de umidade (%)	23,58	23,36	23,59		
DENSIDADE					
Densidade seca	1,664	1,666	1,665		
LABORATÓRIO					
Massa esp. Máxima seca - Proctor (kg/m³)	1,662	1,662	1,662		
Umidade ótima	23,50	23,5	23,5		
GRAU DE COMPACTAÇÃO					
Compactação (%)	100,10	100,25	100,16		
Média de compactação (%)	**100,17**				

Fonte: Autores, 2026.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3 MÉTODO

O presente estudo se classifica como uma pesquisa aplicada, visando a resolução de problemas práticos, como controle de terraplanagens. Com abordagem mista, sendo qualitativa e quantitativa, associando a fundamentação teórica ao cálculo e análise de parâmetros geotécnicos. Quanto aos objetivos, trata-se de uma pesquisa descritiva para detalhamento do procedimento experimental do ensaio. E em relação aos procedimentos técnicos é um estudo bibliográfico e documental, amparado pelo Manual de Souza e Ilkiu (2017).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Foram obtidos através da execução prática do ensaio frasco de areia, os parâmetros físicos do solo para o cálculo do Grau de Compactação. No primeiro passo foi utilizado a massa de areia contida na cavidade (2,901 g) e a densidade aparente da areia padronizada (1,455 g/cm³), resultando o volume do furo escavado em 1,994 cm³. Com o volume da cavidade e a massa de solo úmido retirado (4,099 g), obteve-se a densidade úmida do solo 2,056 g/cm³.

Após isso, realizou-se a secagem da amostra em campo, onde a diferença entre a massa do solo úmido e a do solo seco revelou uma massa de água de 25,70 g, para uma massa seca de 109,00 g, resultando em um teor de umidade (w) de 23,58%. Sabendo o valor da densidade úmida e do teor de umidade, determinou-se a densidade seca do solo in situ de 1,66 g/cm³.

Por fim, relacionando a densidade seca obtida no campo com a massa específica seca máxima obtida previamente em laboratório pelo Ensaio Proctor de 1,662 g/cm³, atingindo-se um Grau de Compactação (GC) de 100,12%

Com a análise dos resultados constata-se que a camada de solo atendeu integralmente os parâmetros técnicos exigidos em projeto. Com o teor de umidade próxima a umidade ótima do projeto, o que favoreceu a eficiência do processo mecânico de compactação e permitiu alcançar um GC superior ao mínimo normativo. O resultado valida e a qualidade da execução em obra e garante a capacidade de suporte necessária para prevenir recalques e falhas estruturais.

5 CONCLUSÃO

O presente artigo conseguiu cumprir todos os seus objetivos demonstrando a aplicação do controle tecnológico pelo método Frasco de Areia. A pesquisa evidenciou

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

a eficácia e a precisão do uso deste ensaio para a determinação e comprovação dos padrões de compactação do solo em obras de terra, assim como a correlação com os resultados obtidos pelo ensaio de Proctor, sendo estes indispensáveis para atestar a qualidade da compactação.

A importância deste estudo abrange âmbitos além do acadêmico, contribuindo para o aprimoramento do conhecimento direto para a prática da engenharia na sociedade. Ao exemplificar e explanar o roteiro metodológico detalhado, esta pesquisa atua como guia para a orientação não apenas de estudantes como também de profissionais da área, fornecendo suporte para a redução de erros operacionais em campo devido à ocorrência de dúvidas. Perante a análise socioeconômica, a correta execução do ensaio para a verificação do controle tecnológico em obras de terraplanagem e de infraestruturas assegura a estabilidade de rodovias e edificações, evitando a futura ação de recalques e patologias ligadas à base da obra.

Como resultado de se dar a devida importância ao monitoramento da execução e controle da obra, é possível mitigar o desperdício de recursos sendo eles públicos ou privados, com manutenções corretivas recorrentes, resultando em obras mais seguras, duráveis e sustentáveis para os usuários.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 7185: Solos — Determinação da massa específica aparente in situ, com emprego do frasco de areia. Rio de Janeiro: ABNT, 2016.

CANGUSSU, Nara. PAV (4) - Densidade in Situ. YouTube, 2021. 1 vídeo (14 min). Disponível em: https://youtu.be/hEYu81Nd5lU?si=0laQroNMpEPhFQuO. Acesso em: 04 ago. 2026.

CAPUTO, Homero Pinto. Mecânica dos Solos e suas Aplicações. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012. v. 1.

SOUZA, Adilson Veiga. Ilkiu, Giovana Simas de Melo. Manual de normas técnicas para trabalhos acadêmicos. União da Vitória: Kaygangue, 2017. Acesso em: 15 ago. 2026.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

CURVAS DE ÍNDICE DE SÍTIO PARA *PINUS TAEDA L.* PARA A REGIÃO DE VOLTA GRANDE, NO MUNICÍPIO DE RIO NEGRINHO, SANTA CATARINA

COSTA, Epitagoras Rodson.Oliveira[1]
ARCE, Julio eduardo[2]

RESUMO: O objetivo principal deste trabalho é construção de curvas de índice de sítio para avaliar o crescimento da altura dominante da espécie *Pinus taeda* L. na região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC). Utilizando dados de 698 parcelas temporárias e permanentes. Diversos modelos de ajuste foram testados, O estudo conclui que o modelo de Prodan é o mais adequado para construir as curvas de índice de sítio de *Pinus taeda* L. em Volta Grande (Rio Negrinho - SC), apresentando alta precisão e estabilidade nas classes de sítio. Na comparação com outras regiões (PR/SC, Região Sul, Cambará do Sul e Santo Tomé), o crescimento em altura dominante de Volta Grande varia conforme a faixa etária, apresentando fases de desenvolvimento inicial inferiores ou superiores, mas convergindo ou superando as demais regiões nas idades intermediárias e avançadas.

Palavras-chave: Índice de sítio; *Pinus taeda*; Altura dominante; Crescimento florestal

ABSTRACT: The main objective of this study is the construction of site index curves to evaluate the dominant height growth of the *Pinus taeda* L. species in the region of Volta Grande, Rio Negrinho (SC). Using data from 698 temporary and permanent plots, several fitting models were tested. The study concludes that the Prodan model is the most suitable for constructing site index curves for *Pinus taeda* L. in Volta Grande (Rio Negrinho - SC), showing high precision and stability across site classes. When compared to other regions (PR/SC, Southern Region, Cambará do Sul, and Santo Tomé), the dominant height growth in Volta Grande varies according to the age group, exhibiting initial development phases that are lower or higher, but converging or surpassing the other regions at intermediate and advanced ages.

Key words: Site index; *Pinus taeda* L.; Dominant height; Forest growth

1INTRODUÇÃO

A região de Volta Grande localizada ao sul do município de Rio Negrinho (SC), possui grande área reflorestada com espécie *Pinus* spp, próxima ao polo moveleiro de São Bento do Sul, que é o maior polo exportador de móveis do país em sua maior parte produzidos com madeira de Pinus.

O estado de Santa Catarina detém o total de 714 mil ha com florestas plantadas com Pinus, a maior parte com a espécie *Pinus taeda*. O Estado se destaca como a segunda maior área plantada do país, após o Paraná (ACR, 2025). No município de Rio Negrinho as estimativas oficiais mostram área plantada de 27 mil hectares.

O Brasil é referência mundial em alta produtividade florestal para espécies de rápido crescimento como o Pinus, cuja produtividade em Santa Catarina pode atingir produções superiores a 35 m³/ha/ano (metros cúbicos por hectare e por ano). A classificação da produtividade é diretamente relacionada com a posição ocupada em curvas de sítio, projetando o potencial de crescimento em uma determinada região. Tudo isto por si só justifica a importância fundamental de pesquisas, como a

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

apresentada neste trabalho, para a prognose de crescimento de espécie tão importante neste cenário como *Pinus taeda*.

O objetivo principal deste trabalho é construção de curvas de índice de sítio para avaliar o crescimento da altura dominante da espécie *Pinus taeda* L. na região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC). Entre os objetivos específicos: ajustar modelos reconhecidos na literatura; gerar curvas anamórficas de índice de sítio; elaborar tabela de limites das classes de sítio; testar a estabilidade e confiabilidade das curvas e comparar os dados das curvas com o desenvolvimento da espécie em outras regiões.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

A altura das árvores dominantes é a melhor variável para caracterizar o índice de sítio, sendo representada pela altura alcançada do povoamento nas diferentes idades de seu desenvolvimento, pois é menos influenciada pelos desbastes e pela densidade do povoamento (TONINI *et al*., 2001; SCOLFORO, 1997).

Com as aturas dominantes do povoamento, pode-se fazer a classificação por índice de sítio, capaz de estimar o potencial produtivo, sendo o método mais praticado e difundido na determinação de classes de produtividade. (SCOLFORO, 1997).

A base de dados para a construção das curvas de sítio pode ser proveniente de dados de parcelas permanentes, parcelas temporárias ou de dados de análise de tronco (FERREIRA *et al*., 2006)

Diversos autores desenvolveram trabalhos para se estimar o índice de sítio para a espécie *Pinus Taeda* L., entre eles:

Machado (1980) ajustou curvas de sítio para *Pinus taeda* em Telêmaco Borba na região central do Paraná, com uso do modelo de Prodan;

Oliveira e Ahrens (1987) realizaram pesquisa de curvas de índice de sítio para povoamentos de *Pinus elliottii* Engelm., implantados nos estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul.

Marcolin (1990) utilizou a análise de tronco de 63 árvores dominantes distribuídas em diversas classes e construiu curvas de índice de sítio válidas para a região compreendida no Segundo Planalto Paranaense. O modelo escolhido para as curvas foi o modelo de Prodan;

Dacosta (2008) utilizou dados medidos em parcelas temporárias com idades de 4 a 8 anos, e de análise de tronco de árvores com idades de 12 a 17 anos, de florestas de *Pinus taeda* L.;

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Scolforo e Machado (1988) utilizaram o modelo de Chapman–Richards nos estados do Paraná e Santa Catarina, modelo também utilizado por SELLE (1993) na região de Cambará do Sul e por Yoshitani Junior (2009) na Região de Campo Belo do Sul (SC).

Téo *et al*. (2011) realizaram a classificação de sítios em povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Caçador (SC), com o modelo monomolecular apresentando os melhores resultados;

Dacosta (2008) classificou sítios de povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. na Província de Corrientes, na Argentina.

Com a determinação dos índices de sítio, pode-se comparar as tendências de crescimento em altura, servindo como subsídio na escolha de áreas para novos plantios e na comprovação da necessidade de se fazer e utilizar diferentes tabelas de produção nesses locais, auxiliando na prognose de produção de forma mais precisa (TONINI *et a*l., 2002).

A comparação do potencial de crescimento entre diferentes regiões é viável, embora a análise direta do índice de sítio exija cautela devido às variações nas condições ambientais — clima, solo e relevo (CAMPOS, 2002; SCOLFORO, 2005).

3 METODOLOGIA

Neste trabalho foram utilizados dados de povoamentos de *Pinus taeda L.*, situados na região do Distrito de Volta Grande ao sul do município de Rio Negrinho, na região do Planalto Norte Catarinense.

O clima é subtropical úmido (tipo Cfb), com verões amenos, invernos muito frios e geadas frequentes. A temperatura média fica em torno de 17°C a 18°C. Os solos predominantes são os Cambissolos, Neossolos, Gleissolos e Latossolos, propícios para a agricultura e silvicultura (PANDOLFO *et al*. 2002).

Os povoamentos são bem estocados, manejados com desbastes regulares, apresentando bom desenvolvimento e sem apresentar problemas fitossanitários. Foram implantados entre 1972 e 1994, com 698 parcelas medidas para coleta dos dados, sendo 371 (53%) de parcelas permanentes e 327 (47%) de parcelas temporárias. A altura dominante seguiu o conceito de Assmann definido como a média das alturas das 100 árvores mais grossas por hectare. Foram testados o total de 06 modelos para o ajuste das curvas de sítio, apresentados na tabela 1.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 1. Modelos para Ajuste da Altura Dominante (Hdom) de *Pinus taeda* L.

nº	Modelo	Autor
1.	$\text{Ln } h_{dom} = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{I}\right)$	Schumacher
2.	$h_{dom} = b_0 + b_1 \text{ Ln } (I)$	
3.	$\text{Ln } h_{dom} = b_0 + b_1 \left(\frac{1}{I}\right) + b_2 \left(\frac{1}{I^2}\right)$	Schumacher modificado
4.	$h_{dom} = \frac{I^2}{b_0 + b_1 + b_2 I + b2\, I_2}$	Prodan
5.	$h \text{ dom} = b_0 . (1 - \exp (-b_1 . I)$	Richards
6.	$h \text{ dom} = b_0 . (1 - \exp (-b_1 . I)^{b2}$	Richards

Fonte: O Autor (2026)

Onde b = coeficientes de regressão; hdom; altura dominante; I; idade; Ln: logaritmo natural; exp: exponencial

Foram ajustados modelos por regressão linear (modelos 1, 2, 3) e não linear (modelos 4,5, 6), com o critério de escolha do melhor modelo pelo coeficiente de determinação (R^2), erro padrão da estimativa (S_{yx}), valores de F e a análise gráfica dos resíduos.

Foi considerada como idade de referência 18 anos, mais próxima ao corte final entre 18 e 20 anos. O distanciamento entre as curvas foi de 4,5 metros de altura na idade índice, adotando-se a classificação de sitio com uso de números romanos (I, II, III, IV e V, respectivamente indicando o melhor e pior sítio).

Após a obtenção das curvas de sítio foi realizada a comparações com curvas desenvolvidas em outras regiões, transformando a base da idade de referência dos sítios para a mesma base (idade). Com este procedimento pode comparar graficamente as diferentes curvas, podendo assim analisar os diferentes crescimentos das alturas dominantes, fundamentais na projeção do crescimento das florestas.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nos modelos logarítmicos houve a transformação do erro padrão da estimativa para metros, permitindo a comparação dos referidos modelos. Também as alturas estimadas sofreram correção da discrepância logarítmica pelo fator de correção de Meyer (Fm), citado por Scolforo e Machado (1988):

$$Fm = e^{05^* (sxy)2}$$

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Onde, e: 2,718281818; S_{yx}= erro padrão da estimativa (m)

Observa-se que dos seis modelos testados na tabela 2, os coeficientes de determinação variam de 87,83 a 95,53%, com boa precisão, comparados aos autores que testaram modelos para *Pinus taeda* L., como Scolforo e Machado (1988) com coeficientes de determinação entre 78,74 a 96,14%; Dacosta (2008) entre 89 a 95%; Yoshitani Junior (2009) de 89,90 a 93,21%.

O modelo selecionado foi o modelo de Prodan (n°. 4) na forma linear, um dos mais utilizados para Pinus no sul do Brasil, também utilizado por Machado (1980), Marcolin (1990) e Oliveira e Arhens (1987) para ajuste dos modelos de altura dominante.

Na análise gráfica dos resíduos das alturas dominantes em função da idade (figura 1), observa-se bastante semelhança entre os modelos, com equilíbrio na tendenciosidade da distribuição, tanto de sub como de superestimativa.

A partir da idade de referência (18 anos), verificaram-se os limites inferiores e superiores das alturas dominantes nas parcelas desta idade. A seguir estabeleceu-se uma amplitude que somente foi validada com a plotagem dos pares de altura dominante das parcelas que se encaixaram nos limites fixados, seguindo o procedimento adotado por SCOLFORO (1997).

O modelo 4 foi o escolhido, com o maior R^2 ajustado (95,53%), baixo Erro Padrão (Syx% = 4,81%) e a análise gráfica dos resíduos mostrou uma dispersão mais equilibrada dos pontos em relação à linha zero em comparação aos outros modelos.

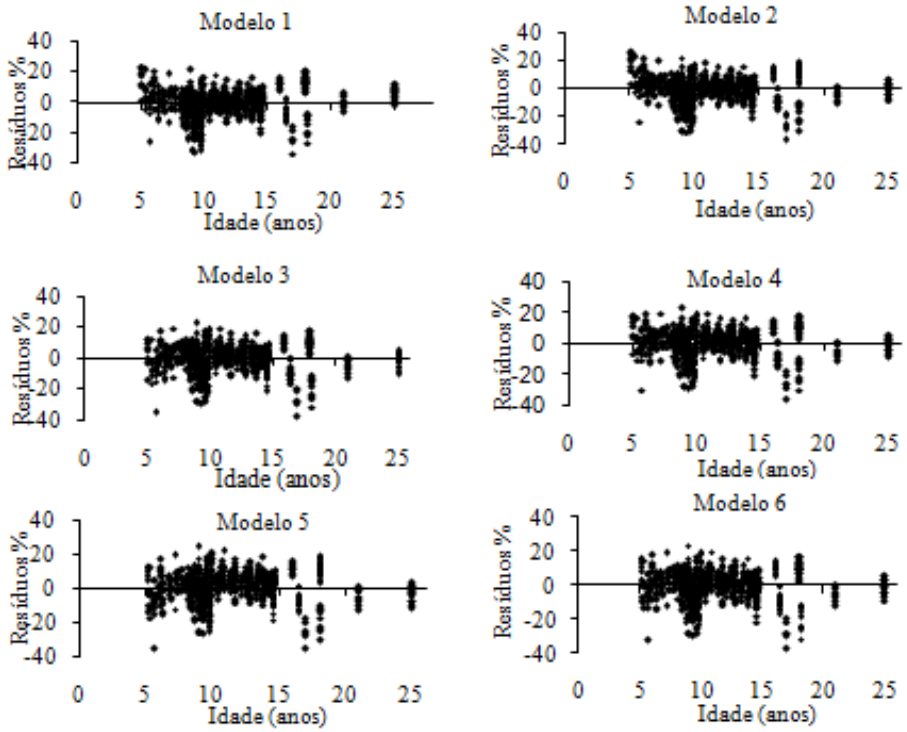
Tabela 2. Resultados dos coeficientes e estatísticas dos modelos testados para altura dominante de povoamentos de *Pinus taeda* L. na região de Volta Grande, Rio Negrinho, Brasil.

Modelos	Coeficientes			Resultados da Estatística e Ajustes				Fm
	bo	b1	b2	F	R^2(%) ajust.	Syx	Syx %	
1	3,5508	-7,8677		5.253,34	88,14	0,53	3,10	1,0043
2	-13,2716	12,6057		5.029,76	87,83	1,56	9,13	
3	3,7913	12,7573	22,2785	2.989,22	89,56	0,02	0,12	1,0038
4	1,0225	0,3230	0,02204	7.450,10	95,53	0,8141	4,81	
5	39,5018	0,0499	0,0000	774,69	88,02	1,5454	9,22	
6	32,9533	0,0803	1,2646	3.0675,33	88,02	1,5306	8,90	

Fonte: O Autor (2026)

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 1. Distribuição gráfica dos resíduos em relação à variável idade



Fonte: O Autor (2026)

A equação ajustada foi a seguinte:

$$h\ dom = \frac{I^2}{(1{,}0225 + 0{,}3230 * I + 0{,}02204 * I^2)}$$

Onde: H dom: altura dominante (em metros); I: idade (em anos)

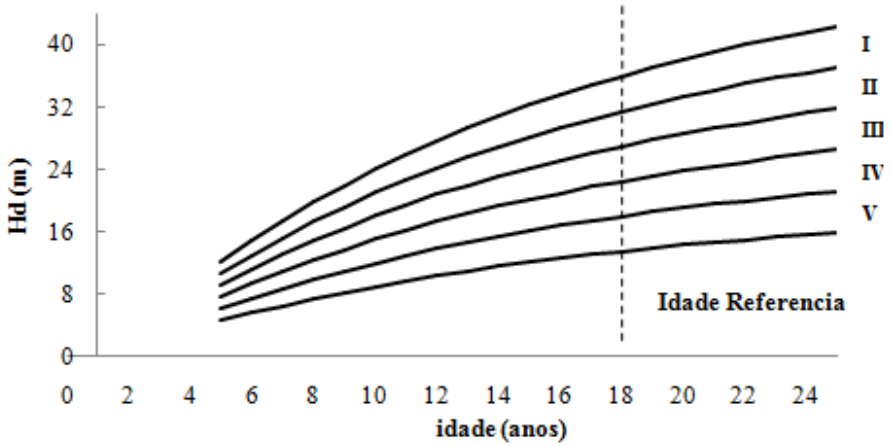
Foram necessárias cinco curvas de sítio do tipo anamórficas para descrever a variação da altura dominante em povoamento de *Pinus taeda* L., com intervalos de curva de 4,5 metros, utilizando-se a idade de referência de 18 anos, conforme intervalos citados a seguir: Classe I: 31,50 a 36,00 metros; Classe II: 27,00 a 31,50 metros; Classe III: 22,50 a 27,00 metros; Classe IV: 18,00 a 22,50 metros e Classe V: 13,50 a 18,00 metros.

Na comprovação da eficiência das curvas de sitio geradas, adotou-se o critério de verificação da estabilidade das curvas citado por Machado (1980) e Scolforo e Machado (1988), que comprovam a permanência da altura média das árvores dominantes na mesma classe de sítio durante todo o desenvolvimento do povoamento, sendo esse um dos princípios básicos da construção das curvas de índice de sítio.

Com o modelo escolhido foram geradas curvas anamórficas de índice de sitio, utilizando o método da extrapolação mostrado na figura 2.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 2. Curvas de índice de sitio de *Pinus taeda* L. para Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil



Fonte: O Autor (2026)

Para tal verificação foram desenhadas, nas curvas de sítio, as médias por idade das alturas dominantes de todas as parcelas envolvidas no presente trabalho, conforme figura 3. Também foram utilizados dados de parcelas permanentes para testar a estabilidade das curvas de índice de sítio, mesmo procedimento adotado por SELLE (1993).

Observou-se um comportamento regular das alturas dominantes das parcelas permanentes e temporárias, permanecendo na mesma classe de sítio, mesmo nas idades mais jovens, algumas no limite da classe. Isto confere confiabilidade ao ajuste, pois normalmente diversos autores relatam problemas nesta distribuição, como Selle (1993) e Tonini (2000), que observaram irregularidades da distribuição das alturas dominantes, que se estabilizam a partir dos nove anos, permanecendo então na mesma classe de sítio. MACHADO (1980) sugere não utilizar alturas determinadas abaixo dos 4 anos de idade para a construção de curvas de sítio.

A tabela 3 mostra os limites superior e inferior de valores das alturas nos respectivos índices de sitio.

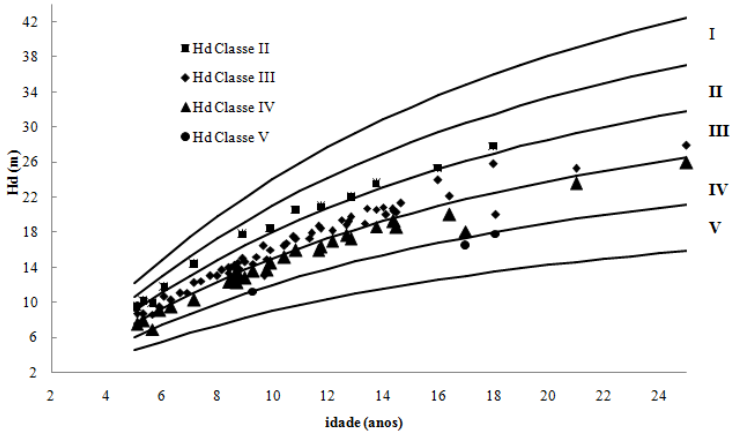
ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 3. Limites inferior (Li) e superior (Ls) das alturas dominantes estimadas por idade e classe de sítio de povoamentos de *Pinus taeda* L. para a região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil.

Idade (anos)	Classes de Sítio									
	I		II		III		IV		V	
	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI	LS	LI
5	12,18	10,66	10,66	9,14	9,14	7,61	7,61	6,09	6,09	4,57
6	14,90	13,04	13,04	11,17	11,17	9,31	9,31	7,45	7,45	5,59
7	17,45	15,27	15,27	13,09	13,09	10,90	10,90	8,72	8,72	6,54
8	19,82	17,34	17,34	14,86	14,86	12,39	12,39	9,91	9,91	7,43
9	22,02	19,27	19,27	16,52	16,52	13,76	13,76	11,01	11,01	8,26
10	24,06	21,06	21,06	18,05	18,05	15,04	15,04	12,03	12,03	9,02
11	25,96	22,71	22,71	19,47	19,47	16,22	16,22	12,98	12,98	9,73
12	27,71	24,25	24,25	20,79	20,79	17,32	17,32	13,86	13,86	10,39
13	29,35	25,68	25,68	22,01	22,01	18,34	18,34	14,67	14,67	11,01
14	30,87	27,01	27,01	23,15	23,15	19,29	19,29	15,43	15,43	11,58
15	32,29	28,25	28,25	24,22	24,22	20,18	20,18	16,14	16,14	12,11
16	33,61	29,41	29,41	25,21	25,21	21,01	21,01	16,81	16,81	12,60
17	34,85	30,49	30,49	26,14	26,14	21,78	21,78	17,43	17,43	13,07
18	36,00	31,50	31,50	27,00	27,00	22,50	22,50	18,00	18,00	13,50
19	37,10	32,47	32,47	27,83	27,83	23,19	23,19	18,55	18,55	13,91
20	38,13	33,36	33,36	28,60	28,60	23,83	23,83	19,06	19,06	14,30
21	39,09	34,21	34,21	29,32	29,32	24,43	24,43	19,55	19,55	14,66
22	40,01	35,00	35,00	30,00	30,00	25,00	25,00	20,00	20,00	15,00
23	40,87	35,76	35,76	30,65	30,65	25,54	25,54	20,43	20,43	15,32
24	41,68	36,47	36,47	31,26	31,26	26,05	26,05	20,84	20,84	15,63
25	42,45	37,15	37,15	31,84	31,84	26,53	26,53	21,23	21,23	15,92

LS: limite superior; LI: Limite inferior.
Fonte: O Autor (2026)

Figura 3. Média das Alturas dominantes (Hd) da parcelas temporárias e permanentes de *Pinus taeda* L. plotadas nas curvas de sitio de Volta Grande, Rio Negrinho (SC)



Fonte: O Autor (2026)

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Também Scolforo e Machado (1988) verificaram maior estabilidade nas curvas de sítio a partir dos 5 a 6 anos de idade, devido ao melhor estabelecimento do povoamento a partir das mesmas.

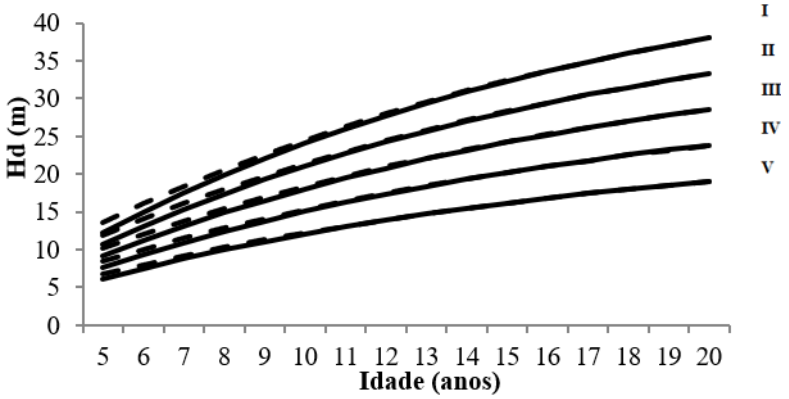
Como a maioria dos dados é de parcelas temporárias, as alturas oscilam dentro do limite da classe, ao contrário das curvas construídas por Machado (1980) a partir de dados de análise de tronco que permanecerem no centro da classe.

Também foram utilizados dados de parcelas permanentes para testar a estabilidade das curvas de índice de sítio, mesmo procedimento adotado por Selle (1993).

Podem ser realizadas comparações entre curvas de sítio de diferentes regiões de acordo com Tonini *et a*l. (2002); Selle (1993) e Dacosta (2008), desde que se utilize a mesma idade de referências para os sítios.

Scolforo e Machado (1988) ajustaram curvas de índice de sítio para *Pinus taeda* L. nos Estados do Paraná e Santa Catarina. Utilizaram a idade de referência de 20 anos, com amplitude de 4,5 metros entre as classes. Os dados originais destes autores foram recalculados para a mesma idade de referência deste trabalho (18 anos), utilizando o método da curva mestre, obtendo-se os dados da figura 4.

Figura 4. Curvas de índice de Sítio de *Pinus taeda* L. dos Estados do Paraná e Santa Catarina (SCOLFORO e MACHADO, 1988), recalculadas para a idade de 18 anos, comparadas com curvas da região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil.



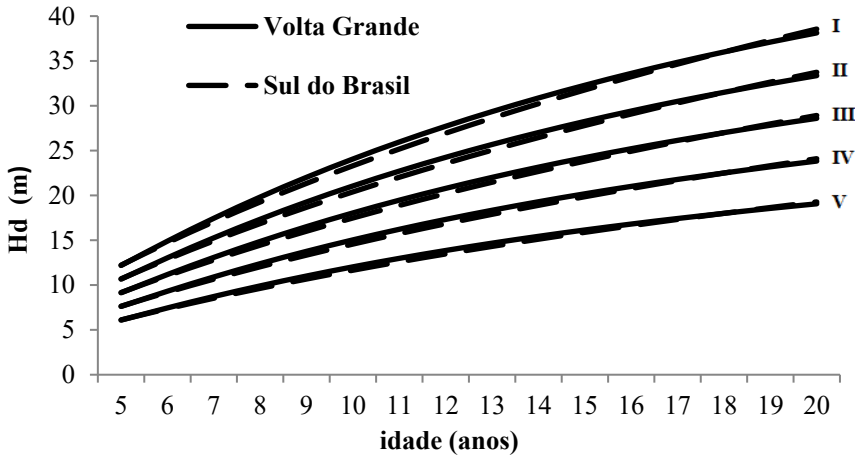
Fonte: O Autor (2026)

Nas classes superiores, as curvas tracejadas de PR e SC apresentam alturas dominantes superiores nas idades jovens (5 a 10 anos). Conforme a idade se aproxima dos 20 anos, as curvas de ambas as localidades mostram uma forte tendência de convergência. Observa-se maior proximidade nos valores de altura dominante entre as regiões nas idades mais avançadas.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

As curvas construídas por OLIVEIRA (1995) para *Pinus taeda* L., válidas para região Sul do Brasil também foram comparadas as curvas da região de Volta Grande, conforme apresentado na figura 5.

Figura 5 – Curvas de índice de Sítio de *Pinus taeda* L. para o Sul do Brasil (OLIVEIRA, 1995), recalculadas para a idade de 15 anos, comparadas com curvas da região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil



Fonte: O Autor (2026)

As curvas tracejadas referentes ao Sul do Brasil e as linhas contínuas de Volta Grande encontram-se bastante próximas em praticamente todas as classes de sítio ao longo de todo o horizonte de idade avaliado (de 5 a 20 anos).

Nota-se uma leve oscilação ou sobreposição sutil nas idades iniciais (próximas aos 5 anos), mas as trajetórias convergem de maneira muito consistente até o final do período (20 anos), indicando padrões de crescimento altamente semelhantes entre as duas referências.

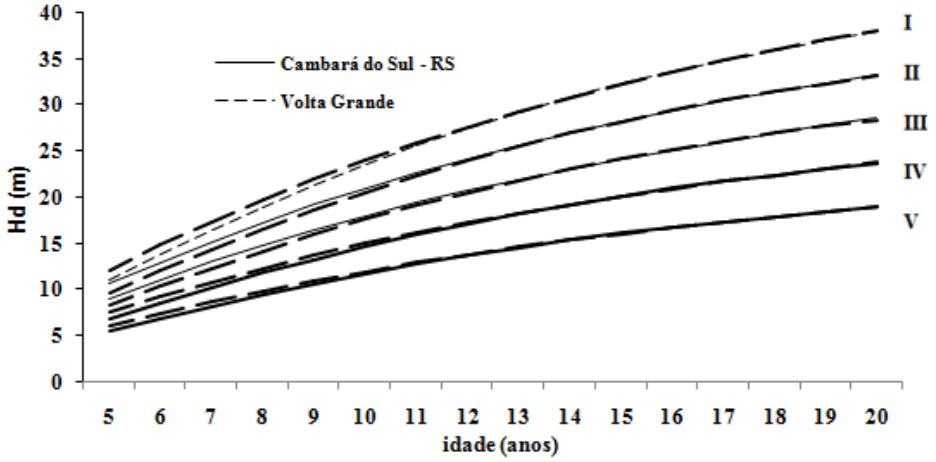
A comparação com as curvas de sítio da região de Cambará do Sul (RS) construídas por (SELLE, 1993) conforme figura 6, mostra que nas classes superiores (especialmente as classes I, II e III), as curvas tracejadas referentes a Volta Grande tendem a apresentar valores de altura dominante ligeiramente superiores aos de Cambará do Sul. nas idades iniciais (por volta de 5 a 11 anos).

Conforme a idade se aproxima de 20 anos, as curvas de ambas as localidades mostram uma forte tendência de convergência, praticamente se sobrepondo no final do horizonte avaliado. Aos 10 anos, são verificadas algumas diferenças de crescimento entre estas duas regiões. As curvas das alturas dominantes se aproximam a partir dos 12 anos de idade, mantendo a partir daí a mesma tendência de crescimento. Observa-se também certa similaridade entre estas duas regiões, com

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

relação as condições climáticas, com temperaturas baixas e ocorrência de geadas severas (PANDOLFO *et al.*; SELLE, 1993).

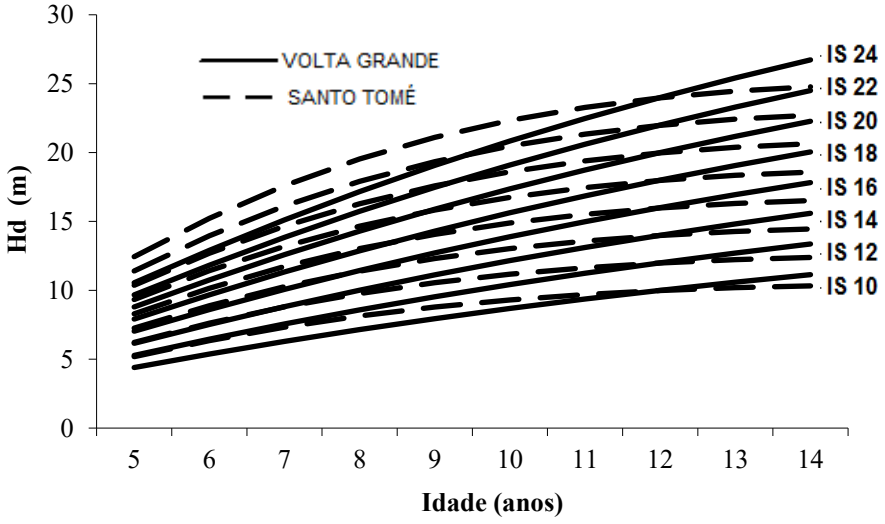
Figura 6– Curvas de índice de Sítio de *Pinus taeda L.* para a região de Cambará do Sul (RS), Brasil (SELLE, 1993), recalculados para a idade de 18 anos, comparadas com curvas da região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil.



Fonte: O Autor (2026)

Os povoamentos jovens de *Pinus taeda* L. da Província de Corrientes, na Argentina, foram estudados por Dacosta (2008), quem considerou a idade de 12 anos como idade de referência e a classificação de sítio absoluta. A projeção dos mesmos índices e mesma idade referencial, para a região de Volta Grande permite a obtenção do gráfico comparativo na figura 7.

Figura 7 – Curvas de índice de Sítio de *Pinus taeda* L. para a região de Santo Tomé, Corrientes, Argentina, comparadas com curvas da região de Volta Grande, Rio Negrinho (SC), Brasil, recalculadas para a idade de 12 anos.



Fonte: O Autor (2026)

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

O gráfico revela que, nas idades iniciais (5 a 10 anos), as curvas de Santo Tomé (tracejadas) apresentam alturas dominantes superiores às de Volta Grande (contínuas) para um mesmo índice de sítio. Contudo, com o avanço da idade em direção aos 14 anos, nota-se uma tendência de convergência entre as localidades, com as curvas de Volta Grande demonstrando uma taxa de incremento que permite alcançar ou superar os valores observados em Santo Tomé, especialmente nas classes de sítio mais elevadas.

5 CONCLUSÃO

O modelo de Prodan é o mais apropriado para a construção de curvas de índice de sítio para a espécie *Pinus taeda* L. para a região de Volta Grande em Rio Negrinho (SC). As curvas ajustadas apresentam bom ajuste com os dados provenientes das parcelas temporárias e permanentes, com as alturas dominantes permanecendo na mesma classe de sítio nas idades analisadas.

Nas comparações das curvas de índice de sítio mostrando o crescimento em altura dominante entre a Região de Volta Grande e outras regiões estudadas, pode-se concluir que:

As curvas de índice de sítio para e *Pinus taeda* L. para os Estados do Paraná e Santa Catarina mostram um crescimento inicial maior até os 12 anos de idade, existindo a partir desta idade uma tendência similar de crescimento em altura dominante com a região de Volta Grande;

Na comparação com curvas para toda a Região Sul do Brasil, o crescimento é menor na região de Volta Grande até os 13 anos de idade, onde se equiparam, tendendo a ser levemente maior nesta região a partir dos 16 anos de idade;

Em relação à região de Cambará do Sul (RS) nota-se um crescimento em altura levemente superior na região de Volta Grande nas idades entre 4 e 11 anos. A partir dos 12 anos existe a tendência de se manter a mesma tendência de crescimento em altura entre estas regiões;

Nas idades iniciais (5 a 10 anos), a região de Santo Tomé (Argentina) apresenta alturas dominantes superiores para o mesmo índice de sítio. Com o avanço da idade em direção aos 14 anos, ocorre uma convergência entre as localidades, a Volta Grande demonstra um incremento mais acentuado, alcançando ou superando os valores de Santo Tomé nas classes mais altas.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

REFERÊNCIAS

Anuário Estatístico de Base Florestal para o Estado de Santa Catarina 2025 **ASSOCIAÇÃO CATARINENSE DE EMPRESAS FLORESTAIS- ACR.** (ano base 2024)**.** Lages: ACR. 2025. 116 p.

CAMPOS, J. C. CH; LEITE, H. G. **Mensuração Florestal: perguntas e respostas**. Viçosa: UFV, 2002. 407 p.

FERREIRA, M. Z., GUIMARÃES, M. A. M., & SCOLFORO, J. Classificação de sítios florestais por meio de análise de tronco. In: XXI Jornadas Forestales de Entre Rios, Concordia–Argentina, **Anais**.... Instituto Nacional de Tecnologia Agropecuária. 2006.

MACHADO, S. A. **Curvas de índice de sítio para plantações de Pinus taeda na região central do Estado do Paraná**. Revista Floresta, Curitiba, v.11, n.2, p.4-18, 1980.

MARCOLIN, M. **Polimorfismo e tamanho da amostra para construção de curvas de índice de sítio para Pinus taeda L., no Segundo Planalto Paranaense**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) - Universidade Federal do Paraná, Curitiba. 1990. 57 p.

OLIVEIRA, E. B. **Um sistema computadorizado para prognose do crescimento e produção do P. taeda L., como critérios quantitativos para avaliação técnica e econômica de regimes de manejo**. 1995. Tese (Doutorado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

OLIVEIRA, Y. M. M.; AHRENS, S. **Curvas de índice de sítio para povoamentos de Pinus elliottii Var. elliottii Engelm. e Pinus taeda L. estabelecidos no sul e sudeste do Brasil:** resultados preliminares. Curitiba: EMBRAPA, 1987. p. 9. (Circular técnica n. 14).

PANDOLFO, C. (Coord.); MASSIGNAM, A. M.; BRAGA, H. J.; SILVA JÚNIOR, V. P. da; VIEIRA, V. F.; THOMÉ, V. M. R. **Atlas climatológico do Estado de Santa Catarina**. Florianópolis: Epagri, 2002. 1 CD-ROM.

SCOLFORO, J. R. S. **Biometria, inventário e prognosticação florestal**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2005. 386 p.

SCOLFORO, J. R. S.; MACHADO, S. A. **Curvas de índice de sítio para plantações de Pinus taeda nos estados do Paraná e Santa Catarina**. Revista Floresta, Curitiba, v.8, n.1-2, p.59-173, 1988.

SELLE, G. L. **Influência dos fatores ambientais na classificação de sítio para Pinus taeda L, na região de Cambará do Sul, RS, Brasil**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 1993. 85p

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

TÉO, S.; BRESSAN, COSTA, R. H. da. **Uso de modelos estatísticos para classificação de sítios em povoamentos de Pinus taeda na região de Caçador – SC**. Floresta, Curitiba, PR, v. 41, n. 1, p. 179-188, jan./mar. 2011.

TONINI, H**. Crescimento em altura dominante de Pinus elliottii ENGELM, em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da Serra do Sudeste e Litoral, no Estado do Rio Grande do Sul**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Florestal) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria. 2000. 112 p

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SPATHELF, P. **Crescimento em altura de Pinus elliottii Engelm., na região de Piratini no Rio Grande do Sul, Brasil**. Ciência Rural, Santa Maria, v. 31, n. 3, p. 417-423, 2001.

TONINI, H.; FINGER, C. A. G.; SCHNEIDER, P. R.; SPATHELF, P**. Índice de sítio para Pinus elliottii Engelm, em três unidades de mapeamento de solo, nas regiões da serra do sudeste e litoral, no estado do Rio Grande do Sul, Brasil**. Ciência Florestal. Santa Maria, v. 12, n. 2, p. 61-73, 2002.

YOSHITANI JUNIOR, M. **Avaliação Biométrica e Econômica de Plantio de Pinus taeda L. em Santa Catarina.** 2009. Dissertação 103 p. (Mestrado em Engenharia Florestal) – Setor de Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

DIRETRIZES TÉCNICO-CONSTRUTIVAS PARA O PROJETO DE UMA ESCOLA-CLÍNICA DESTINADA A CRIANÇAS COM TRANSTORNO DO ESPECTRO AUTISTA

Lucas Valdameri

RESUMO: A integração entre atividades educacionais e cuidados multiprofissionais de saúde destinados a crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA) impõe desafios específicos ao projeto do ambiente construído. Este artigo objetiva sistematizar diretrizes técnico-construtivas para uma escola-clínica, entendida como edificação de uso híbrido que reúne ensino, atendimento educacional especializado e serviços terapêuticos. A pesquisa é aplicada, exploratória e qualitativa, desenvolvida mediante revisão bibliográfica, análise de requisitos legais e normativos e aplicação das diretrizes a um projeto arquitetônico elaborado em 2024 para uma demanda municipal que não avançou à execução. As recomendações foram organizadas nos eixos de implantação, setorização e fluxos, sequenciamento espacial, transições, zoneamento sensorial, acústica, iluminação, conforto térmico, materiais, segurança, acessibilidade, flexibilidade e áreas externas. A aplicação ao projeto evidenciou a viabilidade de articular setores educacional, terapêutico e de apoio, incluindo salas especializadas, espaços de modulação sensorial e pátio de transição. Conclui-se que o desempenho de uma escola-clínica depende menos da adoção isolada de elementos ditos sensoriais e mais da compatibilização entre programa, comportamento esperado, níveis de estímulo, sistemas construtivos e instalações. Como o projeto não foi executado, as diretrizes têm caráter técnico-propositivo e demandam validação futura por avaliação pós-ocupação.

Palavras-chave: Transtorno do Espectro Autista; escola-clínica; ambiente construído; conforto ambiental; diretrizes projetuais.

ABSTRACT: The integration of educational activities and multidisciplinary health care for children with Autism Spectrum Disorder (ASD) creates specific challenges for built-environment design. This paper systematizes technical and construction guidelines for a clinic-school, defined as a hybrid-use facility combining education, specialized educational support and therapeutic services. This applied, exploratory and qualitative study comprised a literature review, analysis of legal and technical requirements, and application of the resulting guidelines to an architectural design prepared in 2024 for a municipal demand that did not proceed to construction. The guidelines were organized into site planning, functional zoning and flows, spatial sequencing, transitions, sensory zoning, acoustics, lighting, thermal comfort, materials, safety, accessibility, flexibility and outdoor spaces. Application to the design demonstrated the feasibility of integrating educational, therapeutic and support sectors, including specialized rooms, sensory modulation spaces and a transition courtyard. The results indicate that performance depends less on isolated sensory features than on the coordination of program, expected behavior, stimulus levels, building systems and services. Since the facility was not built, the guidelines are technical proposals that require future post-occupancy validation.

Keywords: Autism Spectrum Disorder; clinic-school; built environment; environmental comfort; design guidelines.

1 INTRODUÇÃO

O Transtorno do Espectro Autista é uma condição do neurodesenvolvimento marcada por diferentes combinações de características relacionadas à comunicação e à interação social, bem como por padrões restritos ou repetitivos de comportamento. A heterogeneidade do espectro impede que se estabeleça um único ambiente ideal para todos os usuários. Todavia, alterações na percepção e na resposta a estímulos sonoros, luminosos, táteis, térmicos, olfativos e proprioceptivos podem tornar

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

determinadas condições do ambiente construído fontes de desconforto, desorganização ou dificuldade de permanência (POSAR; VISCONTI, 2018; SILVA, 2022).

No Brasil, a Lei nº 12.764/2012 considera a pessoa com TEA pessoa com deficiência para todos os efeitos legais e assegura, entre outros direitos, o acesso à educação e à atenção integral à saúde. A Lei nº 13.146/2015 reforça a eliminação de barreiras e a promoção da acessibilidade. A materialização desses direitos depende também da qualidade dos espaços onde ocorrem o ensino, a convivência e as terapias.

Estudos sobre arquitetura escolar e autismo destacam recorrência de critérios como controle acústico, sequenciamento espacial, compartimentação, espaços de escape, transições, zoneamento sensorial, segurança, simplicidade e clareza (MOSTAFA, 2008; RODRIGUES, 2019). Embora relevantes, tais recomendações são frequentemente apresentadas em linguagem qualitativa e pouco articuladas aos sistemas construtivos, às instalações e à coexistência de usos educacionais e assistenciais.

A presente pesquisa originou-se de uma demanda municipal para elaboração de um espaço destinado a crianças com TEA, no qual deveriam coexistir aulas e cuidados multiprofissionais de saúde. A edificação foi denominada, no projeto, escola-clínica. O empreendimento não avançou para a execução, mas o processo revelou uma lacuna prática: como compatibilizar requisitos escolares, terapêuticos, sanitários, sensoriais e construtivos em uma única solução?

Diante disso, o objetivo é sistematizar diretrizes técnico-construtivas para o projeto de uma escola-clínica destinada a crianças com TEA e demonstrar sua aplicação crítica em um projeto arquitetônico desenvolvido para uma demanda real. O artigo não pretende propor um modelo universal nem comprovar efeitos terapêuticos de engenharia e/ou arquitetura. Busca oferecer uma matriz de decisões que possa apoiar estudos preliminares, projetos básicos e futuras avaliações de desempenho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 TEA, PROCESSAMENTO SENSORIAL E AMBIENTE CONSTRUÍDO

No TEA, respostas hiper ou hiporreativas podem ocorrer em diferentes sistemas sensoriais e variar no mesmo indivíduo conforme o contexto. Por essa razão, a diretriz mais prudente não é reduzir indiscriminadamente todos os estímulos, mas

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

oferecer ambientes legíveis, graduais e ajustáveis, com possibilidade de escolha e retirada temporária.

Laureano e Zapatel, ao analisarem ambientes de terapia sensorial, identificaram interferências da iluminação e da acústica sobre a permanência e o desenvolvimento das atividades. Rodrigues (2019), por meio de avaliação pós-ocupação em escolas, relacionou elementos físicos, ergonomia e comportamento, enfatizando que o perfil de resposta não é homogêneo entre as crianças. Silva (2022) igualmente concluiu que os aspectos sensoriais dos ambientes educacionais podem induzir ou inibir comportamentos associados ao desconforto. Esses resultados desaconselham soluções decorativas padronizadas e reforçam a necessidade de observação funcional.

2.2 A ESCOLA-CLÍNICA COMO TIPOLOGIA FUNCIONAL HÍBRIDA

Neste trabalho, escola-clínica é uma denominação operacional para uma edificação que reúne atividades educacionais, atendimento educacional especializado e serviços terapêuticos multiprofissionais. O termo não corresponde, por si só, a uma categoria autônoma prevista na legislação sanitária ou educacional. O enquadramento regulatório deve decorrer das atividades efetivamente realizadas, dos profissionais envolvidos, dos equipamentos utilizados, do risco sanitário e do modelo de funcionamento.

A parte assistencial e de cuidados infantis deve ser analisada conforme a RDC nº 50/2002/Anvisa, Portaria n.º 321/1988/GM/MS, Resolução n.º 162/2005/Sesa-PR, e normas específicas aplicáveis às modalidades ofertadas. A estratégia adequada é identificar unidades funcionais, mapear riscos e definir interfaces: recepção compartilhada ou separada; privacidade dos atendimentos; higienização; guarda de materiais; resíduos; acessibilidade; apoio aos profissionais; instalações necessárias e controle dos fluxos.

No setor educacional, o atendimento especializado não deve ser confundido automaticamente com substituição da escolarização inclusiva. Para fins do projeto físico, entretanto, importa compreender duração das atividades, tamanho dos grupos, necessidade de acompanhamento individual, modalidades de ensino, rotinas de alimentação e higiene e participação dos responsáveis. O programa deve ser construído com profissionais de educação e saúde e atualizado quando o modelo assistencial mudar.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2.3 IMPLANTAÇÃO, ACESSOS E ÁREAS EXTERNAS

A implantação da escola-clínica deve considerar os parâmetros urbanísticos, as condições bioclimáticas, a acessibilidade e a intensidade dos estímulos provenientes do entorno. Lopes e Lira (2020) e Leite (2022) demonstram que a orientação solar, os ventos predominantes, a topografia, os acessos e as fontes externas de ruído podem orientar a posição dos blocos e dos ambientes de maior permanência. Setores menos sensíveis, elementos construtivos e barreiras vegetais podem proteger as áreas educacionais e terapêuticas. O acesso principal deve ser reconhecível, protegido das intempéries e conectado à recepção por rota acessível e segura, enquanto carga e descarga, abastecimento, resíduos e manutenção devem utilizar percursos que reduzam cruzamentos com as crianças e seus responsáveis.

As áreas externas devem integrar o programa educacional e terapêutico. Jardins sensoriais, hortas, pomares, playgrounds e percursos motores podem favorecer o contato com a natureza, a socialização e a estimulação tátil, olfativa, visual, proprioceptiva e vestibular (NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021). Esses espaços devem apresentar limites físicos claros, sombreamento, pisos seguros, acessibilidade e condições de supervisão. A distribuição de cores, texturas, aromas e equipamentos precisa ser controlada, pois a concentração desordenada de estímulos pode provocar sobrecarga sensorial.

2.4 ORGANIZAÇÃO ESPACIAL, FLUXOS E ZONEAMENTO SENSORIAL

A organização espacial da escola-clínica deve considerar as funções desenvolvidas, as relações de proximidade, os diferentes usuários e a intensidade dos estímulos presentes em cada ambiente. Leite (2022) propõe a distinção entre setores de acolhimento, terapia, apoio aos responsáveis, administração, recreação e serviços gerais, com separação entre os fluxos do público e dos funcionários. De maneira semelhante, Lopes e Lira (2020) relacionam a posição dos ambientes ao percurso realizado pelas crianças e à comunicação entre atividades complementares. Essa organização permite proteger as áreas educacionais e terapêuticas da movimentação administrativa e dos serviços de abastecimento, limpeza, manutenção e manejo de resíduos.

Além da separação funcional, os percursos devem seguir uma sequência lógica e previsível. O sequenciamento espacial consiste em ordenar os ambientes de acordo com as rotinas e as relações entre as atividades, reduzindo distrações e mudanças

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

inesperadas (MOSTAFA, 2015 apud NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021). Recomenda-se, portanto, evitar corredores labirínticos, percursos sem saída, mudanças abruptas de direção e múltiplas alternativas sem hierarquia clara. A legibilidade pode ser reforçada por relações visuais controladas, sinalização, pictogramas, repetição coerente de materiais e associação de cores a funções específicas, desde que esses recursos não produzam excesso de informação visual (LEITE, 2022).

O zoneamento sensorial complementa a setorização funcional ao organizar os ambientes conforme a qualidade e a intensidade dos estímulos. Espaços de concentração, descanso e atendimento individual devem ser protegidos daqueles associados a maior ruído, movimentação ou estimulação, como refeitórios, brinquedotecas e salas destinadas a atividades motoras. Essa classificação deve considerar conjuntamente acústica, iluminação, cores, odores, texturas, número de usuários e intensidade de circulação, reconhecendo que as respostas sensoriais variam entre crianças e não permitem a definição de uma solução universal (NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021).

Nas passagens entre setores contrastantes, pátios, varandas, vestíbulos e alargamentos da circulação podem funcionar como zonas de transição, permitindo adaptação gradual às mudanças de luz, ruído, temperatura e quantidade de informações. Também devem ser previstos espaços de baixa estimulação para afastamento temporário e autorregulação, próximos às áreas de permanência e passíveis de supervisão, sem caráter punitivo (LOPES; LIRA, 2020). Sempre que possível, o ambiente deve oferecer algum grau de controle ao usuário ou ao profissional responsável, como regulagem da iluminação, controle de cortinas, escolha da posição na sala e acesso a locais menos estimulantes, favorecendo autonomia, segurança e adaptação individual.

2.5 DESEMPENHO ACÚSTICO

A sensibilidade auditiva apresenta especial relevância no projeto de ambientes destinados a crianças com TEA. Neumann, Miyashiro e Pereira (2021) explicam que o controle acústico deve abranger o ruído de fundo, o eco, a reverberação e os sons provenientes do exterior. Por isso, os ambientes sensíveis devem ser afastados de vias movimentadas, estacionamentos, áreas técnicas e espaços destinados a atividades sonoras.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

O isolamento acústico depende do desempenho conjunto das paredes, portas, esquadrias, coberturas e passagens de instalações. Neumann, Miyashiro e Pereira (2021) recomendam que paredes leves ou vazadas recebam preenchimentos isolantes apropriados. Salas de música, atividades motoras e refeitórios devem ser separados dos consultórios, salas de aula, áreas de descanso e espaços de autorregulação, evitando a transmissão sonora entre atividades incompatíveis.

Nos ambientes internos, o condicionamento acústico pode ser obtido com materiais absorvedores aplicados em forros e paredes. Superfícies exclusivamente rígidas aumentam a reflexão sonora e podem tornar o espaço excessivamente reverberante. Materiais macios, fibrosos ou porosos contribuem para reduzir a permanência do som, mas sua especificação deve considerar segurança contra incêndio, resistência, higienização e durabilidade (NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021).

Lopes e Lira (2020) associam os espaços de refúgio à utilização de tratamento acústico e materiais capazes de reduzir a estimulação. Leite (2022), por sua vez, menciona o emprego de forros de gesso acartonado e mantas acústicas como estratégias construtivas. Também precisam ser controlados os ruídos e as vibrações provenientes de climatizadores, bombas, tubulações, portas e equipamentos, de modo que o próprio funcionamento da edificação não se transforme em fonte permanente de desconforto.

2.6 CONFORTO AMBIENTAL E CONTROLE DOS ESTÍMULOS

A iluminação deve proporcionar condições adequadas às atividades sem produzir ofuscamento, reflexos, cintilação ou contrastes excessivos. A luz natural pode favorecer o conforto e a relação com o exterior, mas sua entrada deve ser controlada pela orientação das aberturas e pelo emprego de brises, beirais, cortinas ou outros elementos de proteção solar (LOPES; LIRA, 2020). A iluminação artificial deve ser uniforme, estável e, quando possível, regulável, permitindo adequar sua intensidade às atividades e às necessidades dos usuários. Nos espaços de autorregulação, são recomendados níveis mais brandos, enquanto salas destinadas a tarefas visuais específicas podem exigir maior iluminância.

As cores e as informações visuais devem contribuir para a orientação e a identificação dos ambientes. Tons neutros ou suaves podem ser utilizados nas áreas de concentração e tranquilidade, enquanto cores mais intensas podem aparecer

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

pontualmente como referências funcionais. Pictogramas, sinalização, trabalhos expostos e elementos decorativos devem obedecer a uma hierarquia visual, evitando competir entre si e produzir sobrecarga. Como as respostas sensoriais não são uniformes, não se recomenda estabelecer uma paleta universal para pessoas com TEA (NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021).

O conforto térmico também integra a estabilidade sensorial, devendo-se evitar variações abruptas de temperatura, correntes de ar diretamente sobre os usuários e insolação excessiva. A implantação, o sombreamento, a vegetação e a ventilação cruzada podem reduzir a carga térmica e favorecer condições internas mais estáveis (LEITE, 2022). Quando forem necessários sistemas mecânicos, estes devem assegurar temperatura, umidade, renovação e qualidade do ar adequadas sem introduzir ruídos ou vibrações desconfortáveis. A qualidade do ar depende ainda da prevenção de umidade e mofo e do controle de poeira, odores, produtos de limpeza e emissões provenientes de mobiliários e revestimentos, considerando que algumas crianças podem apresentar sensibilidade olfativa acentuada.

2.7 MATERIAIS, SEGURANÇA, ACESSIBILIDADE E MANUTENÇÃO

Os materiais devem ser especificados conforme a função do ambiente, conciliando resposta sensorial, segurança, higiene e durabilidade. Superfícies visualmente simples, texturas suaves e pisos termicamente confortáveis podem favorecer áreas de tranquilidade, enquanto diferentes texturas podem ser empregadas de forma controlada nos espaços de estimulação (NEUMANN; MIYASHIRO; PEREIRA, 2021). Pisos, paredes, forros e mobiliários também devem apresentar resistência ao uso intenso, facilidade de limpeza e possibilidade de reparação ou substituição localizada, reduzindo intervenções frequentes e ruidosas (LEITE, 2022).

A segurança deve considerar possíveis alterações na percepção de risco, movimentos impulsivos e comportamentos de fuga. As soluções construtivas precisam prevenir quedas, impactos, cortes, aprisionamentos, acesso a áreas perigosas e saídas não supervisionadas, sem conferir ao ambiente caráter coercitivo. Vidros, ferragens, pisos, portas, janelas e elementos de proteção devem ser compatíveis com a faixa etária, as atividades e o nível de supervisão previsto.

A acessibilidade deve ser assegurada por rotas contínuas e desobstruídas, sanitários, áreas de manobra, mobiliário e sinalização em conformidade com a ABNT NBR 9050 (ABNT, 2020). Além das barreiras físicas, o projeto deve reduzir barreiras

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

sensoriais, cognitivas e comunicacionais, promovendo orientação compreensível, previsibilidade, autonomia e segurança.

3 MÉTODO

A pesquisa caracteriza-se como aplicada, exploratória e qualitativa. O percurso metodológico foi organizado em três etapas: revisão e síntese da literatura; levantamento de requisitos legais e técnicos; e estudo de aplicação em um projeto arquitetônico não executado.

Na primeira etapa foram examinados artigos, dissertações, livro e trabalhos de conclusão de curso voltados à arquitetura escolar, ambientes terapêuticos, neuroarquitetura e inclusão de crianças com TEA. A leitura foi orientada por categorias recorrentes: organização espacial, estímulos sensoriais, conforto ambiental, segurança, materiais, flexibilidade e áreas externas. Recomendações equivalentes foram agrupadas e formulações genéricas foram convertidas em decisões de projeto passíveis de verificação.

Na segunda etapa, as recomendações foram confrontadas com a legislação de acessibilidade, inclusão e infraestrutura de serviços. Adotou-se a distinção entre requisito obrigatório, quando derivado de dispositivo aplicável ao uso; critério de desempenho, quando associado a uma condição mensurável; e recomendação projetual, quando fundamentada na literatura, mas dependente do perfil dos usuários e do programa.

Na terceira etapa, a matriz foi aplicada ao projeto elaborado em janeiro de 2024. Foram analisados programa de necessidades, áreas, implantação, setorização, fluxos, revestimentos e espaços externos. Como a edificação não foi construída, não foram realizadas medições, observações comportamentais ou avaliação pós-ocupação. A análise corresponde, portanto, a uma verificação documental e crítica de projeto.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

4 DIRETRIZES TÉCNICO-CONSTRUTIVAS

Quadro 1 – Matriz sintética de diretrizes para a escola-clínica

Eixo	Diretriz e forma de verificação
Implantação, acessos e áreas externas	Afastar ambientes sensíveis das fontes de ruído, estabelecer acessos protegidos e integrar áreas externas acessíveis, sombreadas e supervisionáveis. Verificar por levantamento do entorno, análise dos acessos e zoneamento da implantação.
Organização e fluxos	Agrupar os ambientes conforme função, proximidade e intensidade de uso, reduzindo cruzamentos e deslocamentos desnecessários. Verificar por diagrama funcional, quadro de adjacências e representação dos percursos.
Zoneamento, transições e autorregulação	Distribuir os espaços conforme a intensidade dos estímulos, interpor transições entre zonas contrastantes e prever ambientes de baixa estimulação. Verificar em planta e pela análise das variações de luz, ruído, temperatura e informação visual.
Acústica	Controlar isolamento, ruído de fundo, reverberação e vibrações produzidas pelas instalações. Verificar por especificações dos sistemas construtivos, memória de cálculo e medições futuras.
Iluminação e informação visual	Controlar ofuscamento, cintilação, contraste e intensidade, utilizando cores e sinalização de forma funcional. Verificar por cálculo luminotécnico, fichas técnicas e definição dos comandos por ambiente.
Conforto térmico e qualidade do ar	Promover estabilidade térmica, ventilação e renovação do ar sem introduzir ruído ou correntes desconfortáveis. Verificar por simulações ou cálculos, especificações dos equipamentos e plano de manutenção.
Materiais e manutenção	Conciliar resposta sensorial, higiene, resistência, baixa emissão e facilidade de reparação. Verificar por fichas técnicas, amostras, ensaios e planejamento da manutenção.
Segurança, acessibilidade e flexibilidade	Prevenir acidentes, fugas e usos indevidos sem caráter coercitivo, assegurar acessibilidade e permitir adaptações controladas. Verificar por análise de riscos, atendimento à ABNT NBR 9050, detalhes construtivos e definição do mobiliário.

Fonte: elaboração do autor (2026), com base na literatura analisada.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

5 ESTUDO DE APLICAÇÃO: PROJETO DA ESCOLA-CLÍNICA

5.1 Caracterização do projeto

O objeto de aplicação é um projeto arquitetônico elaborado em janeiro de 2024 para implantação municipal. A edificação térrea possui 437,04 m² de área construída e 421,99 m² de área útil. O programa combina acolhimento, administração, ambientes educacionais, salas terapêuticas, apoio à alimentação, higiene, permanência de funcionários e espaços externos.

Entre os ambientes constam recepção e espera, administração, sala de acolhimento familiar, sala de reunião, psicopedagogia, fonoaudiologia, nutrição, duas salas multiuso, brinquedoteca, berçário, fraldário, cozinha de ensino, refeitório, sala de funcionários, sanitários, depósitos e serviço. O projeto também inclui sala de hipossensibilização, sala de hipersensibilização e pátio de transição sensorial. Externamente foram previstos playground e pomar.

A análise não pretende homologar integralmente a solução ou atestar conformidade sem acesso aos projetos complementares e memoriais definitivos. O objetivo é demonstrar potencialidades, limites e pontos que exigiriam aprofundamento antes da execução.

5.2 SETORIZAÇÃO E RELAÇÕES FUNCIONAIS

A solução organiza a recepção e a administração junto ao acesso principal, favorecendo acolhimento e controle. Salas de reunião e acolhimento familiar permanecem próximas à entrada, o que permite atendimento aos responsáveis sem ingresso obrigatório nas áreas de atividades. Ao longo de uma circulação longitudinal distribuem-se salas terapêuticas e sanitários; em outro eixo concentram-se alimentação, atividades coletivas e apoios.

O pátio de transição sensorial constitui elemento relevante porque interrompe o percurso interno e cria mediação entre setores. As salas de hiper e hipossensibilização materializam a intenção de atender perfis distintos. Entretanto, tais denominações devem ser associadas a protocolos de uso, especificações de equipamentos e avaliação profissional. Um ambiente não se torna adequado apenas pelo rótulo; iluminação, acústica, temperatura, mobiliário, supervisão e possibilidade de saída precisam ser definidos.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A proximidade entre refeitório, cozinha de ensino e serviço favorece a operação. Por outro lado, esses ambientes apresentam potencial de ruído, odores e fluxo de apoio. O detalhamento executivo deveria verificar isolamento em relação às salas multiuso e ao pátio sensorial, exaustão, armazenamento, segurança dos equipamentos e controle de acesso das crianças.

5.3 MATERIAIS E CONFORTO AMBIENTAL PREVISTOS

O projeto especifica piso vinílico em manta em parte dos ambientes, pinturas foscas, revestimentos cerâmicos nas áreas molhadas, roda meios, forro de gesso acartonado e nuvens acústicas de lã de PET. Essas escolhas são coerentes com redução de reflexos, conforto ao caminhar, absorção sonora e higienização, mas precisam ser confirmadas por desempenho do conjunto.

A indicação de parede com isolamento acústico em manta de lã de PET requer revisão técnica: materiais fibrosos absorvem energia sonora na cavidade, porém o isolamento entre recintos depende sobretudo de massa, desacoplamento, número de chapas, selagem e tratamento de portas e instalações. Para publicação e eventual retomada do projeto, recomenda-se substituir a prescrição genérica por composições com índices de desempenho declarados.

Janelas amplas favorecem luz e ventilação naturais. Contudo, esquadrias de correr costumam apresentar menor estanqueidade acústica que soluções com compressão. Em ambientes sensíveis, a decisão deve equilibrar ventilação, segurança, facilidade de operação, ruído externo e climatização.

5.4 SÍNTESE CRÍTICA DA APLICAÇÃO

O projeto apresenta como principais potencialidades a integração do programa, a presença de espaços de transição, a oferta de ambientes para diferentes níveis de estímulo, a proximidade dos apoios e a inclusão de áreas externas diversificadas. A organização térrea reduz complexidade de circulação vertical e favorece supervisão e acesso ao exterior.

Os pontos de aprofundamento concentram-se na definição do modelo de funcionamento e do enquadramento sanitário; dimensionamento conforme capacidade e permanência; detalhamento acústico; projeto luminotécnico com controle de cintilação e ofuscamento; compatibilização da climatização e renovação de ar; análise de segurança infantil; especificação de vidros e ferragens;

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

acessibilidade completa; proteção contra incêndio; e protocolos de uso dos espaços sensoriais.

6 DISCUSSÃO

A literatura analisada converge quanto à necessidade de controlar estímulos, criar previsibilidade, permitir retirada e organizar os espaços segundo níveis de atividade. Há, porém, risco de transformar essa convergência em receita formal. Crianças com TEA não constituem grupo sensorial homogêneo; um estímulo regulador para uma criança pode ser perturbador para outra. Assim, flexibilidade e controlabilidade devem acompanhar o zoneamento sensorial.

Outro resultado é a necessidade de distinguir absorção acústica de isolamento, iluminação cênica de iluminação funcional e acabamento lavável de material sensorialmente adequado. Essas distinções são próprias da passagem do conceito arquitetônico ao projeto técnico. A mesma lógica vale para a integração educação-saúde: compartilhar o edifício não significa compartilhar indiscriminadamente fluxos, apoios ou requisitos.

A escola-clínica pode favorecer comunicação entre equipes e reduzir deslocamentos das famílias, mas sua configuração institucional deve preservar direitos educacionais e evitar que a dimensão clínica domine todos os espaços. O ambiente deve apoiar aprendizagem, autonomia, brincadeira e convivência, e não apenas controle comportamental. Elementos de segurança precisam ser proporcionais aos riscos e compatíveis com dignidade e uso não coercitivo.

A matriz proposta pode orientar novos projetos e avaliações, mas não substitui participação dos usuários. Em futuros estudos, profissionais, familiares e pessoas autistas devem contribuir para programa, protótipos, amostras e avaliações. A diversidade de comunicação exige estratégias acessíveis de participação, inclusive observação, recursos visuais e testes ambientais quando adequados.

7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O artigo sistematizou diretrizes técnico-construtivas para uma escola-clínica destinada a crianças com TEA e demonstrou sua aplicação em um projeto municipal não executado. A tipologia foi definida como uso híbrido, cujo enquadramento deve considerar separadamente atividades educacionais, terapêuticas e de apoio, bem como suas interfaces.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

As diretrizes mais relevantes são: setorização por função e intensidade sensorial; sequenciamento espacial previsível; transições graduais; espaços de baixa estimulação; controle acústico do conjunto construtivo e das instalações; iluminação uniforme e ajustável; estabilidade térmica; materiais seguros e manuteníveis; acessibilidade; supervisão não coercitiva; flexibilidade e áreas externas diversificadas.

No estudo de aplicação, a presença de pátio de transição, salas de modulação sensorial, áreas educacionais e terapêuticas e apoios integrados demonstrou coerência conceitual. Ao mesmo tempo, a análise indicou necessidade de aprofundar metas de desempenho, projetos complementares, enquadramento sanitário e detalhes executivos. A não execução impede afirmar efeitos sobre aprendizagem, comportamento ou resultados terapêuticos.

Como continuidade, recomenda-se validar a matriz com equipe interdisciplinar, aplicá-la a outros projetos e realizar avaliação pós-ocupação em edificações existentes. Pesquisas futuras podem estabelecer faixas de desempenho acústico e lumínico específicas, avaliar custos das soluções e investigar como diferentes perfis sensoriais utilizam espaços ajustáveis.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. ABNT NBR 9050: acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

BRASIL. Agência Nacional de Vigilância Sanitária. Resolução RDC nº 50, de 21 de fevereiro de 2002. Regulamento técnico para planejamento, programação, elaboração e avaliação de projetos físicos de estabelecimentos assistenciais de saúde. Brasília, DF: Anvisa, 2002.

BRASIL. Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Brasília, DF: Presidência da República, 2012.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 6 de julho de 2015. Institui a Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência. Brasília, DF: Presidência da República, 2015.

LAUREANO, Claudia de Jesus Braz; ZAPATEL, Juan Antônio. Um olhar arquitetônico para o autismo: um estudo de caso analisando ambientes de terapia sensorial voltados a crianças autistas. In: SEMINÁRIO BRASILEIRO DE ACESSIBILIDADE INTEGRAL, 2016.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

LEITE, Cristina Batista. *Senses: estudo preliminar de um centro de apoio para crianças com Transtorno do Espectro Autista (TEA)*. 2022. 127 f. Trabalho Final de Graduação (Graduação em Arquitetura e Urbanismo) – Centro de Tecnologia, Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2022.

LOPES, Franciany Prudente França; LIRA, Helena Cavalcante de. Inclusão da criança autista: anteprojeto de uma creche-escola pública de ensino regular em Maceió/AL. *Caderno de Graduação: Ciências Humanas e Sociais*, Maceió, v. 6, n. 2, p. 55–81, out. 2020.

MOSTAFA, Magda. An architecture for autism: concepts of design intervention for the autistic user. International Journal of Architectural Research, v. 2, n. 1, p. 189-211, 2008.

NEUMANN, Helena Rodi; MIYASHIRO, Larissa Akemi Silva; PEREIRA, Larissa Victorino. Arquitetura sensível ao autista: quais diretrizes de projeto adotar? *Estudos em Design*, Rio de Janeiro, v. 29, n. 2, p. 60–77, 2021.

POSAR, Annio; VISCONTI, Paola. Alterações sensoriais em crianças com transtorno do espectro do autismo. Jornal de Pediatria, Rio de Janeiro, v. 94, n. 4, p. 342-350, 2018.

RODRIGUES, Gabriela Vargas. Arquitetura escolar: recomendações projetuais para a inclusão da criança com autismo. 2019. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2019.

SILVA, Juliana Christiny Mello da. Neuroarquitetura escolar: ambientes sensíveis aos transtornos de discriminação sensorial de crianças com autismo (TEA). 2022. Dissertação (Mestrado em Ciências em Arquitetura) – Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2022.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

IMPORTÂNCIA DAS COOPERATIVAS DE CRÉDITO NO FORTALECIMENTO DA AGRICULTURA FAMILIAR

Vitória Maria Sempkoscki

Resumo: No Brasil a agricultura familiar ocupa cerca de 80,9 milhões de hectares e representa 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários do país. A cooperativa visa fornecer crédito de forma segura aos agricultores associados, conhecendo o perfil econômico de cada indivíduo e garantindo-lhes uma carta rentável. O crédito rural que as cooperativas de crédito fornecem dá apoio à produção agrícola e contribui para o desenvolvimento sustentável de comunidades rurais, investindo em assistência técnica, educacional e social, além de usar parte das sobras para infraestrutura local e melhor qualidade de vida dos cooperados.

Palavras-chave: Agricultura familiar. Cooperativa. Crédito.

Abstract: In Brazil, family farming occupies approximately 80.9 million hectares, accounting for 23% of the total area of the country's agricultural establishments. Cooperatives aim to provide credit securely to their member farmers by assessing each individual's economic profile and ensuring they have access to a viable financial portfolio. The rural credit offered by credit cooperatives supports agricultural production and contributes to the sustainable development of rural communities; they invest in technical, educational, and social assistance, while also allocating a portion of their surplus toward local infrastructure and improving the quality of life for their members.

Keywords: Family farming. Cooperative. Credit.

1 INTRODUÇÃO

Em território brasileiro, a agricultura familiar ocupa uma área de 80,9 milhões de hectares, o que representa 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários no Brasil. O Censo Agropecuário de 2017, realizado por média em 5 milhões de propriedades rurais do Brasil, aponta que 77% dos estabelecimentos agrícolas do País foram classificados como de agricultura familiar. Além disso, a agricultura familiar emprega mais de 10 milhões de pessoas correspondendo a 67% do total de pessoas ocupadas na agropecuária, sendo responsável pela renda de 40% da população economicamente ativa (EMBRAPA, 2025). A agricultura familiar se destaca na produção de alimentos como milho, mandioca, pecuária de leite e corte, ovinos, caprinos, olerícolas, feijão, cana, arroz, suínos, aves, café, trigo, mamona, fruticulturas e hortaliças e culturas permanentes como café e banana (EMBRAPA, 2025).

O histórico do cooperativismo no Brasil ocorreu em dezembro de 1969 quando foi criada a Organização das Cooperativas Brasileiras (OCB), para representar e defender os interesses do cooperativismo nacional. No ano de 1971, a Lei 5.764/71 instituiu um regime jurídico próprio para as cooperativas, com destaque para o papel de representação da OCB, porém essa legislação ainda restringia a autonomia dos associados. Entretanto, esta limitação foi superada com a promulgação da

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Constituição de 1988, que proibiu a interferência do Estado nas cooperativas, dando início efetivamente à autogestão do cooperativismo (SEBRAE, 2022).

O cooperativismo possibilita que pequenos produtores integrem grandes cadeias produtivas, participando da globalização dos mercados, condições estas que favorecem competir com grandes grupos ou com empresas sem os benefícios do cooperativismo (HUB DO CAFÉ, 2024).

1.1 OBJETIVO

Apresentar a importância das cooperativas de crédito no fortalecimento da agricultura familiar. Conhecer o histórico do cooperativismo brasileiro. Descrever o papel de cooperativas de crédito e apresentar como a agricultura familiar se beneficia com as cooperativas de crédito.

2 REVISÃO DE LITERATURA

Nos últimos anos a agricultura de base familiar vem se destacando como modo de vida, produtividade no campo e dinamismo no desenvolvimento sustentável sócio-econômico- ambiental (SILVA E NUNES, 2023). A Organização das Nações Unidas (ONU) ao proclamar a Década da Agricultura Familiar (2019-2028), reconhece o papel desse segmento para a segurança alimentar global, no enfrentamento às desigualdades sociais e da pobreza, na conservação da biodiversidade e no enfrentamento de problemas migratórios (SILVA e NUNES, 2023).

A primeira experiência com microcrédito no Brasil foi desenvolvida pela União Nordestina de Assistência a Pequenas Organizações, conhecida como Programa Uno e permaneceu durante os anos 1973 a 1991 (BNDES, 2016). Durante os anos 1980 as primeiras unidades da Rede Ceape e do Banco da Mulher surgiram com objetivo de oferecer crédito a microempreendedores, sendo afilhadas a redes internacionais, tais como: Acción Internacional, Banco Interamericano de Desenvolvimento (BID), Inter-American Foundation e Women's World Banking (BNDES, 2016). Nos anos de1990 surgiram os primeiros programas públicos voltados para microcrédito (BNDES, 2016). Em 1996, o BNDES criou o Programa de Crédito Produtivo Popular (PCPP) para fornecer *funding* para organizações da sociedade civil especializadas em microcrédito (BNDES, 2016). Em 1997, o Banco do Nordeste (BNB) lançou o Programa CrediAmigo (BNDES, 2016). No ano de 2001 foi instituída a Lei 10.194/2001, sobre a constituição e funcionamento da sociedade de crédito ao

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

microempreendedor (SCM), entidade jurídica de direito privado, com finalidade lucrativa, criada para impulsionar a participação de atores da iniciativa privada nesse mercado (BNDES, 2016). Em 2003, o Governo Federal estipulou que os bancos poderiam usar até 2% do depósito compulsório como capital para fundear suas operações de microcrédito produtivo e orientado (BNDES, 2016). Aqueles que não tivessem operação estruturada podiam negociar esse capital com outras organizações que estivessem interessadas em usar os recursos para microcrédito. Na data de 25 de abril de 2005, estabeleceu-se o Programa Nacional de Microcrédito Produtivo Orientado (PNMPO), por meio da Lei 11.110 (BNDES, 2016).

Em 24 de agosto de 2011, no âmbito do Plano Brasil Sem Miséria e do PNMPO, o Governo Federal lançou o Programa Crescer (BNDES, 2016).

Em 1996 foi criado o Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf), para atender a uma antiga reivindicação das organizações dos trabalhadores rurais, que demandavam a formulação e a implantação de políticas de desenvolvimento rural específicas para o maior segmento da agricultura brasileira (MATTEI, 2005). O surgimento do Pronaf representa legitimação pelo Estado de uma nova categoria social, os agricultores familiares. Esta classe até então era marginalizada em termos de acesso aos benefícios da política agrícola, bem como designada como pequenos produtores, produtores familiares, produtores de baixa renda ou agricultores de subsistência (MATTEI, 2005).

O cooperativismo financeiro é uma alternativa viável para o desenvolvimento territorial, retendo a poupança local e evitando que os recursos financeiros de pequenas cidades migrem para grandes centros, mantendo recursos para a economia local. Também, possibilita que indivíduos busquem acesso ao crédito e serviços bancários de maneira autônoma e independente. Ainda, crédito adequado, prazos, taxas, linhas e garantias de acordo com a realidade de pequenos negócios é obtido em cooperativas que trabalham com política de finanças de proximidade, conhecendo melhor o cooperado e sua realidade (MEINEN e PORT, 2014).

O crédito rural que as cooperativas de crédito fornecem dá apoio à produção agrícola e contribui para o desenvolvimento sustentável de comunidades rurais. As cooperativas investem em assistência técnica, educacional e social, além de usar parte das sobras para infraestrutura local e melhor qualidade de vida dos cooperados. No ano de 2023, cooperativas destinaram 9% das sobras ao Fundo de Assistência

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Técnica, Educacional e Social (Fates), acima do mínimo de 5% exigido por lei. Assim, sendo essenciais para garantir que pequenos e médios produtores rurais acessem o crédito necessário para crescer e prosperar (PORTAL DO COOPERATIVISMO FINANCEIRO, 2023).

O cooperativismo transforma e trabalha o crédito rural estimulando o setor como um todo, destacando-se a atuação na formação, modernizando o campo com educação, informação e estrutura, o que fortalece as ações para a sucessão na propriedade e consequentemente reduzindo o êxodo rural. Atuam também para transformar o espaço rural em multifuncional, fazendo do campo, um grande gerador de oportunidades de trabalho, de renda e de qualidade de vida (ENGEL et al., 2014).

O negócio principal da cooperativa é fornecer crédito de maneira segura aos associados, sendo a rentabilidade dessas operações um dos itens formadores do seu desempenho. É essencial controlar os riscos das operações e conhecer melhor o perfil econômico dos clientes, cuidados que garantem uma carteira rentável, evitando riscos que possam levar a instituição financeira a uma situação difícil, como a inadimplência e, até mesmo, a insolvência (BACEN, 2021).

De acordo com Costa et al. (2020), percebe-se na tabela 1 que a maior parte dos estabelecimentos agropecuários brasileiros associados a cooperativas é de agricultor familiar, ou seja, pequenos proprietários com a qual direção da propriedade é compartilhada pelo núcleo familiar e que utiliza predominantemente mão de obra familiar. A associação de agricultores familiares a cooperativas agropecuárias tem grande relevância no aumento da competitividade dos produtores no mercado agrícola. Ainda, ressalta-se que grande parte dos alimentos consumidos no país é produzido pela agricultura familiar (COSTA et al., 2020).

Tabela 1: Número de estabelecimentos agropecuários associados a cooperativas agropecuárias, por tipologia – agricultura familiar e não familiar (2017).

Brasil e regiões	Agricultura Familiar		Agricultura não Familiar		Total
	Nºde estabelecimentos	(%)	Nº de estabelecimentos	(%)	
Brasil	412.305	71,2	167.133	28,8	**579.438**
Norte	15.542	76,5	4.767	23,5	**20.309**
Nordeste	24.212	72,1	9.380	27,9	**33.592**
Sudeste	100.129	60,5	65.501	39,5	**165.630**
Sul	248.036	79,1	65.727	20,9	**313.763**
Centro-Oeste	24.386	52,8	21.758	47,2	**46.144**

Fonte: COSTA et al., 2020.

Na tabela 2 evidencia-se que mais de 96% dos produtores que são agricultores familiares e são cooperados, tanto no Brasil como nas regiões brasileiras, recebem

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Pronaf. O crédito rural também é uma importante ferramenta para incentivar a produção dos pequenos produtores e estimular a competitividade destes (COSTA et al., 2020).

Tabela 2: Números de estabelecimentos agropecuários de agricultores familiares associados a cooperativas agropecuárias que recebem e não recebem Pronaf (2017).

Brasil e regiões	Não pronafiano	(%)	Pronafiano	(%)	Total
Brasil	13.353	3,2	398.952	96,8	**412.305**
Norte	135	0,9	15.407	99,1	**15.542**
Nordeste	81	0,3	24.131	99,7	**24.212**
Sudeste	2.823	2,8	97.306	97,2	**100.129**
Sul	9.341	3,8	238.695	96,2	**248.036**
Centro-Oeste	973	4,0	23.413	96,0	**24.386**

Fonte: COSTA et al., 2020.

O Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (PRONAF) possui vários subprogramas destinados à agricultura familiar. Dentre eles citam-se: Pronaf Custeio: é o financiamento a itens de custeio relacionados à atividade agrícola ou pecuária desenvolvidas. Pronaf Agroindústria: consiste no financiamento a agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas e jurídicas, e a cooperativas para investimento em beneficiamento, armazenagem, processamento e comercialização agrícola, extrativista, artesanal e de produtos florestais; e para apoio à exploração de turismo rural. Pronaf Mulher: consiste no financiamento à mulher agricultora integrante de unidade familiar de produção enquadrada no Pronaf, independentemente do estado civil. Pronaf Agroecologia: trata-se do financiamento a agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas, para investimento em sistemas de produção agroecológicos ou orgânicos, incluindo-se os custos relativos à implantação e manutenção do empreendimento. Pronaf Bioeconomia: consiste no financiamento a agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas, para investimento na utilização de tecnologias de energia renovável, tecnologias ambientais, armazenamento hídrico, pequenos aproveitamentos hidroenergéticos, silvicultura e adoção de práticas conservacionistas e de correção da acidez e fertilidade do solo, visando sua recuperação e melhoramento da capacidade produtiva. Pronaf Mais Alimentos: é o financiamento a agricultores e produtores rurais familiares, pessoas físicas, para investimento em sua estrutura de produção e serviços, visando ao aumento de produtividade e à elevação da renda da família. Pronaf Jovem: consiste no financiamento a agricultores e produtores rurais familiares,

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

pessoas físicas, para investimento nas atividades de produção, desde que beneficiários sejam maiores de 16 anos e menores de 29 anos entre outros requisitos. Pronaf Microcrédito (Grupo B): trata-se do financiamento a agricultores e produtores rurais familiares, que tenham obtido renda bruta familiar de até R$ 50 mil, nos 12 meses de produção normal que antecederam a solicitação da Declaração de Aptidão ao PRONAF (DAP). Pronaf Cotas-Partes: é o financiamento para integralização de cotas-partes por beneficiários do Pronaf associados a cooperativas de produção rural e aplicação pela cooperativa em capital de giro, custeio, investimento ou saneamento financeiro (BNDES, 2025).

3 METODOLOGIA

O presente artigo de natureza bibliográfica baseou-se no estudo de livros, artigos e teses. Buscando referenciais teóricos com boa fundamentação e apresentando pesquisas realizadas por outros autores com resultados verídicos e relevantes, comparando-os com relatos de mais autores.

Costa et al., (2015) realizaram análises de 19 cooperativas de um total de 43, localizadas nas regiões de Minas Gerais o que representa aproximadamente 45% das cooperativas de agricultura familiar no estado. A base de dados utilizada na análise foram os diagnósticos aplicados como parte das exigências do projeto Nutre Minas, executado pelo Centro de Agricultura Alternativa do Norte de Minas (CAA-NM) em todo o estado. Os resultados basearam-se no levantamento de informações a partir de roteiros estruturados e semiestruturados. O roteiro para diagnósticos abarcava as seguintes questões: aspectos produtivos, aspectos gerenciais, informações sobre a organização do quadro social, informações financeiras, acesso ao crédito e assistência técnica.

Oñate e Lima (2012) realizaram uma pesquisa obtendo-se dados do sistema de informação da Cocrefocapi, geradas em setembro de 2009, e por meio de questionários aplicados a uma amostra de fornecedores ativos de cana-de-açúcar cooperados da Cocrefocapi, entre março e junho de 2010. Buscaram dados sobre a Cooperativa de Crédito Rural dos Fornecedores de Cana e Agropecuaristas da Região de Piracicaba – SP, (Cocrefocapi) para mostrar a importância da Cocrefocação no financiamento dos fornecedores de cana de Piracicaba, a partir da análise da influência de vários fatores presentes na decisão dos cooperados em escolher esta instituição como principal financiadora.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

4 RESULTADOS

Avaliando os resultados obtidos na pesquisa de *Costa et al*., (2015), obteve-se que cerca de 58% das cooperativas foi constituída após 2003, 26%, antes de 2003 e 16% não informaram o ano de constituição.

Em relação ao número de cooperados, as cooperativas contam com 2.056 cooperados. O conjunto de cooperativas apresenta grande heterogeneidade em relação ao número de cooperados. Algumas cooperativas apresentam quadro social com apenas 12 sócios e outras com cerca de 290 cooperados (COSTA, et al., 2015).

As cooperativas que forneceram a quantidade de agricultores familiares, destacam-se que 1.366 cooperados (66%) têm DAP, 218 (11%) não se enquadram enquanto agricultores familiares, ou seja, não possuem DAP, e 472 (23% do total de cooperados) não tiveram informada sua situação (COSTA, et al., 2015).

Em relação a participação feminina, 17 cooperativas forneceram informações a respeito. Apenas uma cooperativa apresenta número maior das cooperadas do que cooperados em seu quadro social. Em geral, as cooperativas revelam a baixa participação das mulheres. Na quantidade total de cooperados, 59% são homens, 19%, mulheres e, para 22%, não se obteve informação (COSTA, et al., 2015).

No quesito de assistência técnica, apenas 7% das cooperativas não são assessoradas. O restante (93%) é assessorado de alguma forma. Entre as organizações que prestam assessoria, destaca-se a Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater), presente em 39% das cooperativas, seguida pelas ONG's em 18%, e o restante (36%) é assistido por universidades, Sebrae, instituições privadas e outros tipos de organização de apoio e fomento. Referente à assistência técnica, a grande parte é feita sob aspectos produtivos e assessoria individualizada na propriedade do cooperado (COSTA, et al., 2015).

Porém o acesso ao crédito é algo que ainda não é muito presente para este conjunto de cooperativas. Cerca de 43% não acessa nenhum tipo de política de crédito. A principal política de crédito acessada pelas cooperativas analisadas é o PAA formação de estoque (14%), em seguida, o Pronaf agroindústria (9%), o Proinf (10%), financiamentos junto ao BNDES (5%) e outras fontes de financiamento (19%) (COSTA, et al., 2015).

Entre esse grupo de cooperativas, 15 (cerca de 79%) têm o mercado governamental como principal fonte de comercialização. Dessas, seis (31,5%)

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

participam exclusivamente do PNAE; quatro (21%) atuam apenas no PAA; e cinco (21,5%) acessam ambos os programas — PAA e PNAE. Além disso, quatro cooperativas não acessam nenhum desses mercados (COSTA, et al., 2015).

No que diz respeito ao mercado convencional (atacado e varejo), 11 cooperativas (58%) conseguem inserir seus produtos. Das oito que não acessam o mercado convencional, seis escoam a produção de seus cooperados exclusivamente por meio do mercado governamental; as outras duas cooperativas, no momento do diagnóstico, ainda não participavam de nenhum mercado, pois haviam sido recentemente constituídas (COSTA, et al., 2015).

A movimentação financeira identificada nos diagnósticos mostra que esse conjunto de cooperativas movimentou, em 2011, um total de R$ 10.940.298,25. Desse montante, R$ 6.911.402,80 foram provenientes do mercado convencional e R$ 4.028.895,45 do mercado governamental (COSTA, et al., 2015).

Segundo Oñate e Lima (2012), a pesquisa que realizaram revelou que 70% dos participantes que recorreram a empréstimos fora da Cocrefocapi o fizeram principalmente para financiar atividades agrícolas não atendidas por essa cooperativa, devido também à limitação de algumas linhas de crédito agrícola subsidiadas, como Moderfrota-Finame e Pronaf. Além disso, 16% buscaram empréstimos em outras instituições por encontrarem maior facilidade na obtenção de crédito, 11% conseguiram financiamento diretamente nas lojas da Coplacana e apenas 3% recorreram a bancos para quitar empréstimos previamente contraídos na Cocrefocapi (Figura 1).

Figura 1: Razões que levam os entrevistados a tomarem empréstimos fora do Cocrefocapi.



Fonte: Oñate e Lima, (2012).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

De forma geral, 70% dos cooperados recorreram a empréstimos fora da Cocrefocapi e poderiam ter considerado qualquer uma das três variáveis (CT, TJ, CC) como principal motivo para buscar financiamento nessa cooperativa. Apesar de a Cocrefocapi oferecer condições mais vantajosas em termos de custo de aquisição, taxas de juros e facilidades de financiamento na loja da Coplacana, os fornecedores entrevistados precisavam de um tipo específico de crédito que não estava disponível na cooperativa no momento da solicitação (OÑATE e LIMA, 2012).

A pesquisa de Oñate e Lima (2012), avaliou pontos importantes na interação entre a demanda por crédito dos fornecedores de cana-de-açúcar da região de Piracicaba e a oferta de crédito disponível, em especial no que se refere ao crédito rural. Destaca-se a falta de sintonia entre os serviços de crédito fornecidos pela Cocrefocapi e características socioeconômicas do público-alvo da cooperativa, pois a maior parte dos fornecedores envolvidos não trabalha exclusivamente com cana-de-açúcar, enquanto a Cocrefocapi não dispõe de linhas de crédito para financiar outras atividades agropecuárias (OÑATE e LIMA, 2012).

5 DISCUSSÃO

Pequenos agricultores a partir do ano de 1996, foram mais notados com crédito rural devido a criação do Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar (Pronaf) SCHNEIDER, 2010; BELIK, 2015). Outros fatores que motivaram a criação do Pronaf foi a pesquisa da Organização das Nações Unidas para a Alimentação e Agricultura (FAO), em conjunto com o Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária (Incra), que destacava a importância econômica da agricultura familiar e a demanda interna de parte da sociedade para o estabelecimento de políticas cujos fins fossem a erradicação da pobreza no campo (SCHNEIDER, 2010; BELIK, 2015).

Ao longo dos últimos anos, a agricultura familiar e suas organizações vêm conquistando maior visibilidade e reconhecimento. Esse avanço tem se refletido na criação de políticas públicas voltadas especialmente para o setor, como o Programa Nacional de Alimentação Escolar (PNAE). O PNAE representa uma importante oportunidade para que os agricultores familiares e suas cooperativas possam diversificar e comercializar sua produção, configurando-se como uma alternativa concreta de geração de renda e de inclusão produtiva, especialmente para mulheres e jovens.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Entretanto, o programa também traz grandes desafios, sobretudo no processo de consolidação da agricultura familiar como protagonista no abastecimento alimentar. Apesar dos avanços, os produtos provenientes desses agricultores ainda têm pouca presença nas cantinas das escolas públicas localizadas nos grandes centros urbanos.

A partir dessa análise do estudo, evidencia-se a necessidade de uma política pública estruturante e articulada voltada ao fortalecimento das cooperativas da agricultura familiar, especialmente no que se refere ao abastecimento do mercado governamental. A simples existência de programas como o PNAE e o PAA não assegura, por si só, que as cooperativas consigam inserir e comercializar seus produtos de forma efetiva. Observa-se que ambos os programas possuem um modelo de remuneração centrado exclusivamente no produto, sem contemplar os custos operacionais das cooperativas, que acabam sendo assumidos integralmente pelos próprios agricultores familiares. Essa característica limita a sustentabilidade econômica dos empreendimentos e aponta para a necessidade de revisão dos mecanismos de pagamento e de apoio financeiro.

Além disso, a legislação sanitária vigente apresenta-se, em muitos casos, desconectada das especificidades da produção familiar, exigindo não apenas a adequação dos empreendimentos aos normativos existentes, mas também a adaptação das normas à realidade desses produtores. Esse alinhamento é essencial para ampliar a inserção da agricultura familiar nos mercados institucionais e convencionais.

Outro ponto crucial refere-se à formação e capacitação dos cooperados. O fortalecimento das competências em gestão, cooperativismo e agroindustrialização constitui um fator determinante para o bom desempenho das cooperativas. Nesse contexto, políticas de assistência técnica e extensão rural com caráter contínuo e sistemático tornam-se fundamentais para garantir que os agricultores estejam preparados para gerir de forma eficiente seus empreendimentos e aproveitar plenamente as oportunidades oferecidas

6 CONCLUSÃO

Conclui-se que a concessão do microcrédito demonstra importância para o crescimento socioeconômico dos cooperados, principalmente quando o recurso financeiro é implementado de forma efetiva. Desta forma, a avaliação da aplicabilidade desses recursos concedidos pelas cooperativas de crédito é grande importância, pois

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

oportunizará as cooperativas identificarem as fragilidades, os gargalos e, desta forma, implementar em seu planejamento políticas de educação financeira para o fortalecimento das cooperativas de crédito.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BANCO CENTRAL DO BRASIL (BACEN). **Cooperativismo de crédito mantém crescimento no Brasil.** Disponível em: https://www.bcb.gov.br/detalhenoticia/559/noticia . Acesso em: 20 ago. 2025.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Microcrédito no Brasil: histórico e legislação**. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/conhecimento/noticias/noticia/microcreditobrasil. Acesso em: 20 ago. 2025.

BANCO NACIONAL DO DESENVOLVIMENTO (BNDES). **Pronaf - Programa Nacional de Fortalecimento da Agricultura Familiar. Subprogramas**. Disponível em: https://www.bndes.gov.br/wps/portal/site/home/financiamento/produto/pronaf. Acesso em: 20 ago. 2025.

BELIK, W. **O financiamento da agropecuária brasileira no período recente Brasília: IPEA**, 2015. Disponível em: https://repositorio.ipea.gov.br/bitstream/11058/3407/1/td_2028.pdf Acesso em: 23 out. 2025.

COSTA, R.A. et al. **PARTICIPAÇÃO EM COOPERATIVAS E EFICIÊNCIA TÉCNICA ENTRE AGRICULTORES FAMILIARES NO BRASIL**. Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada (Ipea), Brasília, 2020.

COSTA, B. A. L. et al. **As Cooperativas de Agricultura Familiar e o Mercado de Compras Governamentais em Minas Gerais**. Rev. Econ. Sociol., Scielo, Jan-Mar 2015. DOI: https://doi.org/10.1590/1234-56781806-9479005301006.

EMBRAPA. **Agricultura Familiar**. Embrapa.br., 2025. Disponível em: https://www.embrapa.br/tema-agricultura-familiar. Acesso em 20 ago. 2025.

ENGEL, V. et al**. AGRICULTURA FAMILIAR NO CONTEXTO DAS COOPERATIVAS RURAIS: O CASO DA ECOCITRUS**. Cadernos de Ciência & Tecnologia, Brasília, v. 34, n. 1, p. 59-81, jan./abr. 2014.

HUB DO CAFÉ. **Entenda o que é o cooperativismo e como funciona esse modelo de negócio.** 2024. Disponível em: https://hubdocafe.cooxupe.com.br/entenda-o-que-e-o-cooperativismo-e-como-ele-funciona. Acesso em: 21 ago. 2025.

MATTEI, L. **Impactos do PRONAF: análise de indicadores**. Brasília: Ministério do Desenvolvimento Agrário, Núcleo de Estudos Agrários e Desenvolvimento Rural, 2005.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

MEINEN, E.; PORT, M. **COOPERATIVISMO FINANCEIRO Percurso histórico, perspectivas e desafios**. Editora Confebras, Brasília, 2014.

OÑATE, C. A.; LIMA, R. A. S. **Importância das cooperativas de crédito para fornecedores de cana-de-açúcar: um estudo de caso**. Rev. Econ. Sociol. Rural, Scielo, jun. 2012. DOI: https://doi.org/10.1590/S0103-20032012000200006

PORTAL DO COOPERATIVISMO FINANCEIRO. PANORAMA DO SISTEMA NACIONAL DE CRÉDITO COOPERATIVO. Cooperativismo de crédito, 2023. Disponível em: https://cooperativismodecredito.coop.br/2024/08/o-papel-das-cooperativas-de-credito-no-financiamento-do-credito-rural/.

SCHNEIDER, S. **Situando o desenvolvimento rural no Brasil: o contexto e as questões em debate**. Revista de Economia Política, São Paulo, v. 30, n. 3, p. 511-531, 2010. DOI: http://doi.org/10.1590/S0101-31572010000300009. https://doi.org/DOI: http://doi.org/10.1590/S0101-31572010000300009.

SEBRAE. **Cooperativismo tem tradição forte no Brasil.** Sebrae.com, 2022. Disponível em: https://sebrae.com.br/sites/PortalSebrae/artigos/cooperativismo-tem-tradicao-forte-nobrasil. Acesso em: 21 ago. 2025.

SILVA, R.M.A. NUNES, E.M. **Agricultura familiar e cooperativismo no Brasil: uma caracterização a partir do Censo Agropecuário de 2017**. Rev. Econ. Sociol, Scielo, 2023. DOI: https://doi.org/10.1590/1806-9479.2021.252661.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

NEUROARQUITETURA E PSICOLOGIA AMBIENTAL: A APLICAÇÃO DA TEORIA DA GESTALT NA CRIAÇÃO DE ESPAÇOS PARA NEURODIVERGENTES

Fábio Caian de Jesus[1]

RESUMO: A inclusão de pessoas neurodivergentes, como aquelas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) e Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), vai além do contexto educacional e profissional, sendo importante também a adaptação dos espaços arquitetônicos visando garantir bem-estar e acessibilidade. Este trabalho teve como objetivo promover a reflexão sobre a necessidade de espaços terapêuticos projetados segundo os princípios da psicologia ambiental, em especial a Teoria da Gestalt, criando ambientes que favoreçam a regulação sensorial e o desenvolvimento pleno de seus usuários. A pesquisa aborda a problemática da carência desses espaços voltados ao desenvolvimento de indivíduos neurodivergentes. Tal preocupação está ancorada nas legislações vigentes, como a Lei Brasileira de Inclusão (Lei nº 13.146/2015; Lei nº 12.764/2012), que garantem os direitos dessa população, bem como a sua qualidade de vida. Este estudo foi desenvolvido a partir de revisões bibliográficas, buscando assim demonstrar a relação entre espaço, percepção e bem-estar. Espera-se que tal discussão possa ajudar a ampliar o conhecimento acerca da implementação de espaços terapêuticos projetados a partir dos fundamentos da psicologia ambiental, em especial a Teoria da Gestalt, contribuindo para a inclusão social, a promoção do conforto e da autonomia das pessoas neurodivergentes.

Palavras-Chave: Arquitetura; Psicologia Ambiental; Neurodivergência.

ABSTRACT
The inclusion of neurodivergent individuals, such as those with Autism Spectrum Disorder (ASD) and Attention Deficit Hyperactivity Disorder (ADHD), goes beyond educational and professional contexts, also requiring the adaptation of architectural spaces to ensure well-being and accessibility. This study aimed to promote reflection on the need for therapeutic spaces designed according to the principles of environmental psychology, particularly Gestalt Theory, creating environments that support sensory regulation and the full development of their users. The research also sought to understand the relationship between these spaces and the development of neurodivergent individuals. This concern is anchored in current legislation, such as the Brazilian Inclusion Law (Law No. 13.146/2015; Law No. 12.764/2012), which guarantees the rights of this population as well as their quality of life. This study was developed through literature reviews, aiming to demonstrate the relationship between space, perception, and well-being. It is hoped that this discussion will help expand knowledge regarding the implementation of therapeutic spaces designed based on the foundations of environmental psychology, especially Gestalt Theory, contributing to social inclusion, the promotion of comfort, and the autonomy of neurodivergent individuals.

Keywords: Architecture; Environmental Psychology; Neurodivergence.

1. INTRODUÇÃO

A inclusão de pessoas neurodivergentes, a citar, pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA), Transtorno do Déficit de Atenção e Hiperatividade (TDAH), entre outros diagnósticos, tem sido amplamente discutida no campo da psicologia, da educação, da medicina, ou mesmo em outros espaços de construção das relações

[1] Arquiteto e Urbanista, Geógrafo e Mestre em Geografia, especialista em Docência do Ensino Superior e Metodologias Ativas. Professor dos cursos de Arquitetura e Urbanismo e Engenharia Civil da UGV Centro Universitário.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

sociais (FERIANI, 2024). Na construção civil, entretanto, mesmo com a existência de normativas técnicas que determinam especial atenção à acessibilidade (BRASIL, 2000), o setor ainda necessita ampliar sua atenção para a produção de espaços adequados às necessidades sensoriais e perceptivas dessa população. Na literatura encontram-se alguns trabalhos dedicados a tal compreensão, porém poucos projetos, de fato, buscaram a implementação dessas teorias, parecendo haver, em especial na arquitetura, uma ampla preocupação estética sem a devida atenção às necessidades projetuais.

Entende-se que o ambiente construído pode influenciar significativamente a qualidade de vida, na recuperação, na inclusão, e mesmo, na autonomia das pessoas neurodivergentes, conforme mostra Alves (2011) ao estudar o conforto como central na arquitetura hospitalar. Nesse contexto, a teoria da Gestalt, oriunda da psicologia, oferece fundamentos valiosos para o desenvolvimento de espaços terapêuticos. Esta, ao buscar compreender a percepção do ambiente de forma unificada e dinâmica, fornece bases ricas para o entendimento da percepção e da organização das informações sensoriais por indivíduos neurodivergentes (LIMA, 2014). Dallastra *et al.* (2018), destacam que o design dos espaços pode impactar diretamente o comportamento e a interação desses indivíduos, mostrando como é importante a adoção de estratégias projetuais baseadas na experiência perceptiva e na empatia espacial dos usuários.

Diante dessa realidade, este artigo, como parte integrante do TCC em arquitetura e urbanismo, tem como objetivo discutir a proposta projetual de implementação de espaços terapêuticos para pessoas neurodivergentes, projetados a partir dos princípios da Gestalt, tendo como recorte geográfico o município de São Mateus do Sul, Paraná, porém considerando os desafios enfrentados pela população neurodivergente no Brasil e no mundo.

Para esta discussão foram debatidos conceitos fundamentais na arquitetura e na psicologia, buscando a partir do diálogo destas ciências um campo de ação efetivo que atenda às demandas específicas desse público, garantindo maior qualidade de vida, autonomia e participação social. Compreendendo que projetar também é um ato, sobretudo, político.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1. COMPOSIÇÃO, FORMA E FUNÇÃO NA ARQUITETURA

Na arquitetura a composição, forma e função são princípios básicos que interagem criando espaços. Espaços estes que não apenas atendam a necessidades utilitárias, mas também expressem valores estéticos, históricos, geográficos, culturais e sociais (COLIN, 2020). Entender isso, exige a compreensão de cada um dos elementos que compõe a arquitetura, e como estes se comunicam.

A função não se limita ao aspecto prático ou ainda plástico da arquitetura, mas envolve questões simbólicas (STROETER, 1986). Para Borges (2015), a arquitetura na Antiguidade já era repleta de valores culturais, mesmo que fosse expressa pela simetria matemática e geométrica de suas construções, o autor afirma que tais construções eram fortemente ligadas a religião, a política e as artes.

Em contraste ao simbolismo clássico, o movimento Moderno na arquitetura, encabeçado por arquitetos como Le Corbusier e Mies van der Rohe, trouxe a ideia de que a função determina a composição e consequentemente a forma das edificações (COLIN, 2020), uma visão bastante pragmática e mercadológica da arquitetura.

A composição, por sua vez, envolve a organização dos elementos espaciais de maneira harmoniosa e funcional. Borges (2015), analisando ainda a arquitetura clássica, explica que a composição, neste período, seguia regras racionais, como as observadas nas obras de Vitrúvio e Alberti, a harmonia matemática, a proporção áurea e a simetria, em contraponto a uma liberdade formal.

Quanto à forma, esta é o resultado visível carregada de percepção estética, é para Colin (2020), o meio pelo qual o espaço é delimitado. Stroeter (1986), ao citar Charles Moore, reforça a distinção entre "forma", compreendida como a essência funcional de um objeto, e seu "formato", expresso pela estética e pelo simbolismo.

Porém se a arquitetura é um resultado do uso da forma como afirma Zevi (1977) quando diz que “tudo o que não tem espaço interno não é arquitetura” (ZEVI, 1977, p. 24) ela é também resultado da experienciação do indivíduo com relação ao espaço, assim como na geografia, porém com a devida dimensão conceitual e da pregnância do espaço construído e projetado (LEITÃO E LACERDA, 2016).

É por isso, que a harmonia na arquitetura não depende apenas de sua função prática, mas também de como os elementos arquitetônicos são organizados (STROETER, 1986), a quem ou a que ela é destinada, o que se pretende transmitir, e

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

a que grupo social ela representa. Olhar para as minorias sociais através da arquitetura é olhar para sua percepção e inclusão no espaço, sentindo-se como parte, e não algo efêmero a ele.

2.2. A PSICOLOGIA NA ARQUITETURA

Chamada de “Psicologia Ambiental” (GÜNTHER, 2003) ou ainda “Neuroarquitetura”, a percepção dos espaços por seus usuários tem sido um campo de discussão, refletindo como estes são projetados. Günther (2003) mostra em seus estudos que a maneira como os indivíduos interagem com os espaços físicos impacta na sua experiência emocional e cognitiva.

Um clássico da literatura em psicologia, Koffka (1935, p. 102) afirma que "o todo é diferente da soma de suas partes", corroborando Arnheim (2004), destaca que a percepção dos espaços ocorre de maneira integrada, ou seja, a forma como os espaços estão organizados impactam diretamente em como os indivíduos o interpretam. Trata-se, portanto, de uma experiência sensorial (FILHO, 2003).

A Psicologia Ambiental e a Neuroarquitetura afirmam que design arquitetônico tem uma função essencial na promoção do bem-estar (GÜNTHER, 2003). Ambientes bem iluminados, organizados e com elementos naturais, por exemplo, tendem a reduzir a ansiedade e melhorar a qualidade de vida dos usuários (ARNHEIM, 2004; GÜNTHER, 2003). De acordo com Arnheim (2004, p. 67), "a iluminação natural influencia diretamente a percepção do espaço e o estado emocional dos ocupantes". Esse conhecimento é aplicado no desenvolvimento de projetos hospitalares (ALVES, 2011), escolas e espaços terapêuticos, onde o conforto e a funcionalidade precisam estar alinhados às necessidades psicológicas dos usuários (GÜNTHER, 2003). Até mesmo, o uso correto de cores, materiais e texturas pode impactar significativamente o estado emocional das pessoas, influenciando seu relaxamento e produtividade (FILHO, 2003).

Para o arquiteto Bruno Zevi (2002, p. 30) "a arquitetura deve ser pensada não apenas como um conjunto de estruturas físicas, mas como um sistema que interage com as emoções e comportamentos humanos". A organização espacial pode facilitar ou dificultar a interação social, a privacidade e o sentimento de pertencimento, e outros aspectos fundamentais para a experiência do usuário em diferentes contextos arquitetônicos (DALLASTRA *et al.*, 2018).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Além do design visual, aspectos como a temperatura, ventilação, e a acústica também desempenham um papel importante na experiência psicológica dentro dos espaços (GÜNTHER, 2003). Arnheim (2004) mostra que espaços excessivamente ruidosos podem aumentar os níveis de estresse e reduzir a capacidade de concentração.

Entendendo que a percepção humana do espaço se dá pelo todo, como aponta a teoria Gestalt (KOFFKA, 1935), não é a soma das partes que farão da arquitetura um ambiente inclusivo, mas sim a preocupação holística em projetar espaços mais humanizados, adaptados às diversas necessidades dos usuários.

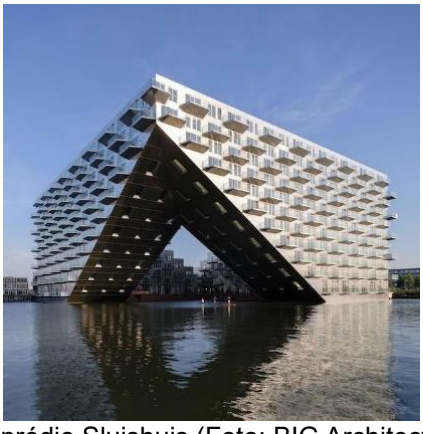
2.3. AS LEIS DA GESTALT

A Teoria da Gestalt, desenvolvida no início do século XX a partir dos estudos de Max Wertheimer (1912) e consolidada por pesquisadores como Wolfgang Köhler e Kurt Koffka, propõe, como já mencionado, que a percepção humana não ocorre de maneira fragmentada, mas sim integrada, permitindo que objetos e espaços sejam compreendidos como um todo organizado (KOFFKA, 1935).

A aplicação da Gestalt na arquitetura envolve princípios como unidade, segregação, continuidade, proximidade, semelhança, fechamento, ou mesmo conceitos como a figura-fundo e pregnância da forma, conceitos que ajudam a compreender como o cérebro organiza as informações visuais.

2.3.1. Figura-fundo

O princípio da Figura-fundo determina que os elementos de um ambiente são percebidos em relação ao seu contexto. A arquitetura se apossa desse conceito para criar contrastes visuais que auxiliam na diferenciação entre áreas de circulação, zonas de descanso e pontos focais dentro de um projeto (ARNHEIM, 2004).



O prédio Sluishuis (Foto: BIG Architects)

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2.3.2. Continuidade

O cérebro humano é levado por tendência a seguir padrões e direções preestabelecidas, esse é o entendimento do princípio da continuidade (ALVES, 2011). Aplicado à arquitetura, esse princípio pode ser observado em corredores, sequências de colunas ou linhas de fachadas que conduzem naturalmente o olhar e o movimento dos usuários (FILHO, 2003; ALVES, 2011; DALLASTRA et al., 2018).



Instituto Salk / Louis Kahn (Foto: ArchDaily Brasil)

2.3.3. Proximidade

Elementos próximos entre si são percebidos como parte de um mesmo grupo (FILHO, 2003; DALLASTRA et al., 2018). Esse princípio auxilia na organização espacial, permitindo que ambientes sejam estruturados de maneira intuitiva e funcional (GÜNTHER, 2003; LIMA, 2014).



O Teatro Romano (Foto: Portal oficial de Turismo da Espanha)

2.3.4. Semelhança

Objetos com características visuais semelhantes são interpretados como pertencentes a um mesmo conjunto (FILHO, 2003; ALVES, 2011). Esse conceito, aplicado na arquitetura, serve para criar padrões e ritmos que reforçam a identidade visual do espaço (ZEVI, 2002; LIMA, 2014).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13



Esferas da Amazon / NBBJ (Foto: ArchDaily Brasil)

2.3.5. Fechamento

O cérebro tende a completar formas inacabadas para criar um sentido de unidade (DALLASTRA et al., 2018). Na arquitetura, esse princípio é utilizado na concepção de fachadas e estruturas geométricas que sugerem continuidade, mesmo quando há espaços vazios (FILHO, 2003; LIMA, 2014).



Apple Park de Norman Foster (Foto: Portal arquimuseus)

2.3.6. Segregação

É a capacidade de identificar a unidade no todo, de separar, de perceber o individual (FILHO, 2003). Na arquitetura é a capacidade de notar elementos que se destacam do todo.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13


Câmara Dos Deputados (Foto: ArchDaily Brasil)

2.3.7. Unificação

Está relacionada à harmonia e ao equilíbrio visual, trata-se da organização formal (FILHO, 2003). Quando aplicada na arquitetura ela pode gerar estranheza, confusão ou calma e fácil percepção de acordo com a disposição dos elementos.


Azulik Uh May / Roth-Architecture (Foto: ArchDaily Brasil)

2.3.8. Pregnância da forma

Prägnanz no alemão, pode ser traduzido livremente como clareza, precisão, é também entendido por alguns pesquisadores como “Lei da Simplicidade” (DALLASTRA et al., 2018). Na Gestalt é usada para explicar que o cérebro prefere interpretar formas simples e organizadas, em vez de configurações complexas e desordenadas (FILHO, 2003; KOFFKA, 1935). Ambientes arquitetônicos que seguem esse princípio resultam em espaços mais agradáveis e acessíveis (ALVES, 2011; LIMA, 2014).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13


Casa Farnsworth / Mies van der Rohe (Foto: vivadecora)

2.4. A COMPREENSÃO MODERNA DA NEURODIVERGÊNCIA E ARQUITETURA INCLUSIVA

A neurodiversidade tem crescido como um conceito que desafia concepções tradicionais sobre as condições neurológicas, mudando a narrativa de um modelo patologizante, ou seja, que descreve diferenças no campo neural como doenças, para uma visão que reconhece a diversidade cerebral como uma expressão natural da variabilidade humana (SINGER, 1999; FERIANI, 2024). Conforme abordado por Alencar, Barbosa e Gomes (2021), o conceito de neurodiversidade ganha relevância ao questionar o capacitismo histórico que marginalizou pessoas com comportamentos divergentes como patológicos, ou em outras palavras, que rotulou a neurodivergência como doença, distúrbio ou ainda deficiência, reforçando barreiras institucionais e sociais. Essa perspectiva, no entanto, tem sido gradativamente substituída pelo reconhecimento das potencialidades neurodivergentes, enfatizando abordagens mais inclusivas, especialmente na educação (ALENCAR; BARBOSA; GOMES, 2021).

A percepção do mundo pelos neurodivergentes é estudada por Feriani (2024), que compara experiências autistas e pessoas demenciais para destacar a existência de realidades alternativas e subjetividades distintas. Essa perspectiva leva a compreensão da neurodiversidade para além do campo clínico, enfatizando o impacto da linguagem e da cognição na experiência humana. E abre a interpretação que na neurodiversidade existem múltiplas existências ou coexistências e diferentes formas de interação com o espaço.

No campo jurídico, Souza, Tavares e Mota (2024) discutem o avanço das garantias legais para pessoas neurodivergentes no Brasil, notadamente por meio da Lei nº 12.764/2012, que reconhece pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) como sujeitos de direito. No entanto, é notório que ainda há desafios na

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

implementação de políticas inclusivas e no combate às barreiras sociais e institucionais que perpetuam a exclusão, desafios esses que trazem a discussão do campo teórico para a luta política.

Um aspecto sutil, mas essencial, nesta discussão sobre neurodiversidade é a relação entre ambiente construído e acessibilidade neurocognitiva. A arquitetura tradicionalmente prioriza padrões normativos e estéticos de experiência espacial, negligenciando muitas vezes as necessidades sensoriais e cognitivas de indivíduos neurodivergentes.

A compreensão moderna da neurodivergência é um passo significativo para a desconstrução de estigmas históricos e para a construção de uma sociedade mais inclusiva. No entanto, essa discussão precisa ser ampliada para esferas como o urbanismo e a arquitetura, garantindo que os espaços construídos sejam projetados para acolher, e não excluir, indivíduos neurodivergentes.

3. METODOLOGIA

Este estudo caracteriza-se como uma pesquisa teórica, fundamentada em uma revisão bibliográfica sobre neurodiversidade, arquitetura inclusiva e percepção ambiental. Para tanto foram analisadas referências acadêmicas, tais como Günther (2003), Souza, Tavares e Mota (2024), Lima (2014) e Dallastra et al. (2018), entre outros, além das legislações vigentes que asseguram direitos às pessoas neurodivergentes.

A pesquisa tem abordagem qualitativa e exploratória, buscando compreender a influência dos espaços arquitetônicos na qualidade de vida e no bem-estar dos neurodivergentes. O estudo fundamenta-se nos princípios da Gestalt, que explicam como a percepção ambiental impacta a experiência humana. A discussão baseia-se na análise de literatura acadêmica e na reflexão sobre a necessidade de espaços projetados a fim de promover a inclusão social e o bem-estar das pessoas neurodivergentes.

4. ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

De acordo com um relatório da Deloitte (2022), estima-se que entre 10% e 20% da população mundial seja neurodivergente, o que, aplicado ao Brasil, com cerca de 213 milhões de habitantes (IBGE, 2025), representa entre 21,3 e 42,6 milhões de indivíduos. No Paraná, cuja população é de aproximadamente 11,8 milhões (IBGE,

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2025), isso corresponde a uma estimativa de 1,2 a 2,4 milhões de neurodivergentes. Especificamente em São Mateus do Sul, com cerca de 43.490 habitantes (IBGE, 2025), pode haver entre 4.349 e 8.698 pessoas com esse perfil. Trata-se de uma estimativa de origem corporativa, voltada ao mercado de trabalho, e não de um levantamento epidemiológico local, devendo ser lida apenas como ordem de grandeza.

Segundo dados do Sistema de Informações Ambulatoriais (SIA) apenas em 2021, foram realizados 9,6 milhões de atendimentos a pessoas com Transtorno do Espectro Autista (TEA) no Brasil. Desses, 4,1 milhões foram destinados a crianças de até 9 anos. Estatísticas divulgadas em 2025 pelo órgão de saúde Centers for Disease Control and Prevention (CDC, 2025) indicam que, nos EUA, 1 a cada 31 crianças de 8 anos apresentava Transtorno do Espectro Autista (TEA) em 2022. São dados expressivos que, embora se refiram a outra realidade, permitem supor, por analogia e com a devida cautela, que em um município como São Mateus do Sul existam centenas de pessoas com TEA, muitas sem diagnóstico, dada a carência de informação e de dados regionais sobre o assunto, lacuna que a Lei nº 13.861/2019, ao incluir as especificidades do TEA nos censos demográficos, busca reduzir (BRASIL, 2019). Estes números refletem apenas o TEA, mas evidenciam crescente demanda por suporte e assistência a indivíduos neurodivergentes, o que justifica a necessidade da criação de espaços projetados para atender a demanda desse público.

A acessibilidade arquitetônica e o planejamento de espaços adequados para pessoas neurodivergentes são assegurados pela Lei Brasileira de Inclusão da Pessoa com Deficiência, Lei nº 13.146/2015 e pela Lei nº 12.764/2012, que estabelece a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista (BRASIL, 2015; BRASIL, 2012). Esses marcos legais garantem o direito à acessibilidade e reforçam a necessidade de eliminar barreiras arquitetônicas, garantindo ambientes mais adequados a essa população. A exemplo do pressuposto, o Projeto de Lei nº 2864/23 propõe a criação de "salas de silêncio" em escolas para alunos autistas e neuroatípicos (neurodivergentes) (AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS, 2023).

A Teoria da Gestalt pode contribuir para esse debate. Segundo Lima (2014), a aplicação dos conceitos da Gestalt na arquitetura permite a criação de ambientes que promovem uma percepção integrada e harmoniosa, essencial para o bem-estar dos

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

usuários. A neurodivergência está frequentemente associada a desafios na organização perceptiva e na integração sensorial, o que exige espaços planejados para minimizar desconfortos e maximizar a previsibilidade e segurança do ambiente.

Mesmo com a diversidade de conhecimento teórico produzido, a exemplo autores referenciados neste trabalho, as diretrizes da Gestalt ainda são pouco exploradas como vias de norteamento da concepção projetual em arquitetura, o que há por vezes são soluções isoladas sem a devida observação e preocupação com o todo.

Para a neuroarquitetura a percepção humana do espaço impacta diretamente o bem-estar emocional e psicológico. Segundo Matoso (2022), a utilização de espaços que consideram as necessidades sensoriais pode resultar em uma melhoria significativa na saúde mental e nas funções cognitivas de seus usuários. Esse conceito, aliado às descobertas da neurociência, demonstram que "os ambientes podem induzir respostas neuropsicológicas específicas, como relaxamento ou estímulo", o que faz a arquitetura se tornar uma ferramenta poderosa de transformação social e comportamental (MATOSO, 2022).

Embora ainda como experiências pontuais, alguns projetos buscaram aplicar os princípios gerais da neuroarquitetura, como por exemplo o Instituto Salk para pesquisas biológicas, na Califórnia, projetado por Louis Kahn, que utiliza a arquitetura para estimular a criatividade dos pesquisadores. Por meio de um pátio central, com espelho d'água e iluminação natural, o arquiteto buscou criar um ambiente de equilíbrio, favorecendo a concentração e a reflexão (SALK, 2025). A Gestalt não é diretamente citada pelo arquiteto, mas pode ser observada na maneira como o espaço e os elementos formam uma totalidade harmoniosa, onde cada parte se integra ao todo, proporcionando uma sensação de unidade e continuidade.

Outro projeto que exemplifica os princípios de neuroarquitetura é o Azulik Uh May, centro de arte localizado em Tulum, no México, projeto de Roth-Architecture. O uso de formas orgânicas e a conexão com a natureza buscam promover relaxamento e reconexão com o meio ambiente. A escolha de materiais naturais e iluminação suave criam um ambiente acolhedor e terapêutico (NEIRA STERKEL, 2018). A Gestalt também se faz presente no uso de formas que se combinam de maneira fluida e intuitiva, criando uma experiência unificada para o usuário.

Como exemplo de ambientes corporativos, o projeto da Amazon, desenvolvido pelo escritório NBBJ, usa a biofilia para estimular produtividade e bem-estar. As

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

esferas de vidro repletas de plantas melhoram a qualidade do ar e também reduzem o estresse, além de estimularem a criatividade (NBBJ, 2021). Da mesma forma, o Apple Park, projetado pelo Foster + Partners, integra árvores e espaços verdes ao redor do edifício, criando um ambiente saudável para os funcionários. Nesse projeto, as formas simples se organizam de maneira que dialogam com o todo, criando uma unidade harmoniosa, conforme o conceito da Gestalt (FOSTER + PARTNERS, 2017).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Para garantir que os espaços sejam inclusivos e terapêuticos, é essencial a capacidade de compreensão holística do espaço, reconhecendo que a arquitetura não se limita a uma função estética ou utilitária, mas desempenha um papel crucial na experiência sensorial e na qualidade de vida dos indivíduos neurodivergentes. A aplicação dos princípios da Teoria da Gestalt na Neuroarquitetura demonstra que projetar não é apenas desenhar edifícios, mas construir possibilidades de inclusão, pertencimento e autonomia.

Apesar dos avanços teóricos e legislativos, a implementação prática ainda carece de maior sensibilidade e engajamento por parte dos profissionais da arquitetura e do urbanismo. O ambiente construído deve ser pensado como um organismo vivo que interage com seus usuários, respeitando suas particularidades e garantindo acessibilidade sensorial e cognitiva.

Dessa forma, projetar é, sobretudo, um ato político. A arquitetura, ao definir o que é acessível e para quem é, reflete escolhas que podem reforçar desigualdades ou combatê-las. No contexto da neurodivergência, essa responsabilidade torna-se ainda mais evidente, uma vez que a falta de espaços adequados perpetua a exclusão social e limita o pleno desenvolvimento dos indivíduos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AGÊNCIA CÂMARA DE NOTÍCIAS. Projeto prevê criação de “salas de silêncio” para alunos com autismo. Brasília, 28 jul. 2023. Disponível em: https://www.camara.leg.br/noticias/1002548-projeto-preve-a-criacao-nas-escolas-de-salas-de-silencio-para-alunos-autistas. Acesso em: 9 out. 2026.

ALENCAR, Helenira Fonseca de; BARBOSA, Heloisa Fonseca; GOMES, Robéria Vieira Barreto. Neurodiversidade: Aspectos Históricos, Conceituais e Impactos na Educação Escolar. VII CONEDU, 2021.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

ALVES, Samara Neta. A percepção visual como elemento de conforto na arquitetura hospitalar. Dissertação. Universidade de Brasília, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, 2011. 212p.

ARNHEIM, Rudolf. Arte e percepção visual: uma psicologia da visão criadora. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.

BORGES, Carolina da Rocha Lima. Sobre o Belo na Arquitetura Clássica. Revista CAU/UCB, 2015.

BRASIL. Lei nº 10.098, de 19 de dezembro de 2000. Dispõe sobre normas gerais e critérios básicos para a promoção da acessibilidade. Disponível em: https://www.planalto.gov.br. Acesso em: 05 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 12.764, de 27 de dezembro de 2012. Institui a Política Nacional de Proteção dos Direitos da Pessoa com Transtorno do Espectro Autista. Disponível em: https://www.planalto.gov.br. Acesso em: 05 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.146, de 06 de julho de 2015. Dispõe sobre a inclusão da pessoa com deficiência. Disponível em: https://www.planalto.gov.br. Acesso em: 05 mar. 2025.

BRASIL. Lei nº 13.861, de 18 de julho de 2019. Altera a Lei nº 7.853, de 24 de outubro de 1989, para incluir as especificidades inerentes ao transtorno do espectro autista nos censos demográficos. Brasília, DF: Diário Oficial da União, 2019.

BRASIL. Ministério da Saúde. Sistema de Informações Ambulatoriais – SIA. Atendimentos a pessoas com Transtorno do Espectro Autista no Brasil em 2021. Disponível em: https://datasus.saude.gov.br. Acesso em: 8 mar. 2025.

CENTERS FOR DISEASE CONTROL AND PREVENTION. Prevalence and Early Identification of Autism Spectrum Disorder Among Children Aged 4 and 8 Years: Autism and Developmental Disabilities Monitoring Network, 16 Sites, United States, 2022. *MMWR Surveillance Summaries*, v. 74, n. 2, 2025. Disponível em: https://www.cdc.gov/mmwr/volumes/74/ss/ss7402a1.htm. Acesso em: 9 out. 2026.

COLIN, Silvio. Uma introdução à arquitetura. Editora Jaguatirica, 7º edição, 2020. 212p.

DALLASTRA, Mauricio; OGURA, Caroline; GAZZONI, Bruna; BRESCOVIT, Luiz Eduardo; COSTA, Bruna Lopes. Psicologia e arquitetura: como a Einfühlung e a Gestalt atuam nos ambientes. *Id on Line Revista Multidisciplinar e de Psicologia*, v.12, n.39, p.658-673, 2018.

DELOITTE INSIGHTS. Creating a better work environment for all by embracing neurodiversity. Deloitte Center for Integrated Research, 2022. Disponível em: https://www.deloitte.com/content/dam/assets-shared/legacy/docs/insights/2022/DI_CIR_Career-paths-and-critical-success-factors-for-neurodivergent-workforce.pdf. Acesso em: 9 out. 2026.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

FERIANI, Daniela. Entre-mundos ou existências-outras: experiências demenciais e neurodivergentes. *Revista ClimaCom*, 2024.

FILHO, João Gomes. Gestalt do objeto: sistema de leitura visual. 5. ed. São Paulo: Escrituras Editora, 2003.

FOSTER + PARTNERS. Centro de Visitantes Apple Park. 2017. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/885621/centro-de-visitantes-apple-park-foster-plus-partners. Acesso em: 6 mar. 2025.

GÜNTHER, Hartmut. Psicologia ambiental: a interação pessoa-ambiente. São Paulo: Thomson Pioneira, 2003.

IBGE – **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Panorama do município do Paraná. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/panorama . Acesso em: 5 mar. 2025.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. Panorama do município de São Mateus do Sul – PR. Disponível em: https://cidades.ibge.gov.br/brasil/pr/sao-mateus-do-sul/panorama. Acesso em: 5 mar. 2025.

KOFFKA, Kurt. Principles of Gestalt psychology. New York: Harcourt, Brace and Company, 1935.

LEITÃO, Lucia; LACERDA, Norma. O espaço na geografia e o espaço da arquitetura: reflexões epistemológicas. *Cadernos Metrópole*, 2016.

LIMA, Gabriela Giehl. Teoria da Gestalt: Uma Aplicação de Conceitos na Arquitetura. *Revista Thêma et Scientia*, v. 4, n.1, p. 42-51, 2014.

MATOSO, M. Neuroarquitetura: como o seu cérebro responde aos espaços. ArchDaily Brasil.2022. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/981830/neuroarquitetura-como-o-seu-cerebro-responde-aos-espacos. Acesso em: 5 mar. 2025.

NBBJ. NBBJ projeta segunda sede da Amazon inspirada em elementos naturais. 2021. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/956423/nbbj-projeta-segunda-sede-da-amazon-inspirada-em-elementos-naturais. Acesso em: 6 mar. 2025.

NEIRA STERKEL, Jorge Eduardo. Azulik Uh May. 2018. Disponível em: https://www.archdaily.com.br/br/906941/azulik-uh-may-jorge-eduardo-neira-sterkel. Acesso em: 6 mar. 2025.

SALK INSTITUTE. Sobre a arquitetura do Salk. Disponível em: https://www.salk.edu/pt/sobre/sobre-arquitetura-salk/. Acesso em: 6 mar. 2025.

SINGER, Judy. Why can't you be normal for once in your life? From a "problem with no name" to the emergence of a new category of difference. In: CORKER, Mairian; FRENCH, Sally (ed.). *Disability discourse*. Buckingham: Open University Press, 1999. p. 59-67.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

SOUZA, José Rafael Xavier de; TAVARES, Thiago Passos; MOTA, Marlton Fontes. Um olhar inclusivo sobre os direitos e garantias das pessoas neurodivergentes e neuroatípicas. *Interfaces Científicas*, 2024.

STROETER, João Rodolfo. Arquitetura e teorias. São Paulo: Nobel, 1986.

WERTHEIMER, Max. Experimentelle Studien über das Sehen von Bewegung. *Zeitschrift für Psychologie*, v. 61, p. 161-265, 1912.

ZEVI, Bruno. Saber Ver a Arquitetura. São Paulo: Martins Fontes, 1977.

ZEVI, Bruno. Saber ver a arquitetura. São Paulo: Martins Fontes, 2002.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

PROPOSTA DE ARRANJO FÍSICO E FLUXO DE MATÉRIAS-PRIMAS PARA A IMPLANTAÇÃO DE UMA HIDROMELARIA ARTESANAL

Rafael Candido Ferreira[1]
José Antônio Wengerkiewicz[2]

RESUMO: O crescimento do mercado de bebidas artesanais impõe aos produtores de hidromel o desafio da profissionalização para a escala semi-industrial. Frequentemente, a falta de projetos de engenharia na concepção destas fábricas resulta em layouts ineficientes e riscos críticos de contaminação cruzada. Este trabalho apresenta uma proposta de arranjo físico otimizado, desenvolvido através da metodologia de Planejamento Sistemático de Layout (SLP). A pesquisa analisou estrategicamente diferentes tipologias de fluxo frente aos requisitos biológicos da fermentação e às Boas Práticas de Fabricação (BPF). Os resultados apontam o layout em "U" (*U-Shape*) como a solução ideal para microindústrias, conciliando a eficiência logística e a supervisão centralizada com um rigoroso zoneamento sanitário. Conclui-se que a aplicação destas ferramentas de Engenharia de Produção é determinante para assegurar a padronização do produto, a redução de custos operacionais e a viabilidade econômica do empreendimento.

Palavras-chave: Engenharia de Produção; Hidromel; SLP; Layout em U; Segurança Alimentar.

ABSTRACT: The growth of the craft beverage market imposes on mead producers the challenge of professionalizing to a semi-industrial scale. Often, the lack of engineering projects in the design of these factories results in inefficient layouts and critical risks of cross-contamination. This paper presents a proposal for an optimized physical arrangement, developed using the Systematic Layout Planning (SLP) methodology. The research strategically analyzed different flow typologies against the biological requirements of fermentation and Good Manufacturing Practices (GMP). The results point to the U-shaped layout as the ideal solution for micro-industries, reconciling logistical efficiency and centralized supervision with rigorous sanitary zoning. It is concluded that the application of these Production Engineering tools is decisive for ensuring product standardization, reducing operational costs, and securing the economic viability of the enterprise.

Keywords: Production Engineering; Mead; SLP; U-Shaped Layout; Food Safety.

1 INTRODUÇÃO

Autenticidade e qualidade superioresive uma valorização de produtos de nicho com forte identidade sensorial, impulsionada por consumidores que buscam autenticidade e qualidade superior (Aquilani et al., 2015). Nesse cenário, o hidromel ressurge como segmento promissor, exigindo dos produtores a transição da manufatura artesanal para a escala semi-industrial (Gupta & Sharma, 2019). Essa mudança não se resume ao aumento de volume: requer a estruturação profissional dos processos para garantir repetibilidade, qualidade e segurança alimentar (Dornier et al., 2018).

[1] Docente da UGV Centro Universitário. Químico e Físico. Mestre em Química pela FURB.
[2] Docente da Universidade Estadual do Paraná – UNESPAR. Engenheiro Civil e de Produção Civil pela UFSC.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

O problema central na implantação dessas microindústrias é a abordagem empírica do espaço físico, em que o processo é adaptado a edifícios pré-existentes sem análise estruturada de fluxo (Tompkins et al., 2010). Sob a ótica da Engenharia de Produção, essa ausência de projeto resulta em layouts ineficientes, geradores de desperdícios de movimentação e transporte, em desacordo com os princípios do *Lean Manufacturing* (Womack & Jones, 2010; Ortiz, 2012). Na indústria de alimentos, um arranjo inadequado compromete ainda a gestão do risco sanitário, favorecendo a contaminação cruzada entre zonas sujas e limpas (Lelieveld et al., 2014). Justifica-se, portanto, a aplicação de ferramentas de engenharia na fase de projeto para mitigar riscos operacionais e sanitários, cruciais para a viabilidade econômica do negócio (Slack et al., 2019).

O objetivo deste trabalho é desenvolver uma proposta técnica de arranjo físico e fluxo de matérias-primas para a implantação de uma hidromelaria artesanal, aplicando a metodologia de Planejamento Sistemático de Layout (SLP – *Systematic Layout Planning*) para determinar as relações de proximidade entre as áreas operacionais (Muther, 2015; Stephens, 2019) e garantir a segregação física exigida pelas Boas Práticas de Fabricação (BPF) (Holah, 2014).

Para isso, a discussão aborda os desafios de padronização na produção de hidromel (Ramalhosa et al., 2011), o planejamento de instalações com ênfase no método SLP (Casavant, 2019), os princípios do *Lean Layout* para a eliminação de desperdícios (Baudin, 2011) e os requisitos de *Hygienic Design* para a segurança alimentar, que fundamentam o modelo de implantação proposto.

2 METODOLOGIA

A pesquisa é de natureza aplicada e objetivo exploratório, delineada como proposta técnica para a projeção de uma unidade fabril (Miguel et al., 2012). O referencial fundamentou-se em revisão bibliográfica sistemática de literatura em Engenharia de Produção, Gestão de Instalações (*Facilities Planning*) e Tecnologia de Bebidas (Prodanov & Freitas, 2013), com publicações entre 2010 e 2025, alinhadas a conceitos contemporâneos de *Lean Manufacturing* e às normas sanitárias vigentes (Slack et al., 2019; Lelieveld et al., 2014).

Adotou-se como eixo estruturante o Planejamento Sistemático de Layout (SLP – *Systematic Layout Planning*), de Richard Muther (Muther, 2015), selecionado por converter requisitos operacionais qualitativos e quantitativos em diagramas espaciais

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

lógicos (Stephens, 2019). A aplicação iniciou-se pela análise Produto-Quantidade (P-Q), seguida da definição do Roteiro de Processo e da Análise do Fluxo de Materiais (Tompkins et al., 2010; Chawla, 2015).

Em seguida, elaboraram-se fluxogramas de processo para identificar as etapas críticas de transformação do mosto (Barnes, 2018) e o Diagrama de Relacionamento de Atividades para ponderar a necessidade de proximidade entre os setores (Casavant, 2019). Essas etapas culminaram no Layout de Blocos e no zoneamento sanitário da planta, avaliados sob os critérios de eficiência de movimentação e segurança alimentar (Holah, 2014; Baudin, 2011).

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E DESENVOLVIMENTO

3.1 A HIDROMELARIA ARTESANAL E O IMPERATIVO DA PADRONIZAÇÃO

A produção de hidromel, embora ancorada em tradições milenares, vive um processo de redescoberta no mercado de bebidas alcoólicas (Gupta & Sharma, 2019). O conceito de "artesanal" nesse nicho migrou da manufatura caseira para uma definição atrelada à identidade sensorial, ao uso de matérias-primas nobres — como méis monoflorais e leveduras selecionadas — e a receitas autorais (Aquilani et al., 2015).

Para que uma hidromelaria seja financeiramente sustentável, porém, é preciso dissociar o termo "artesanal" de improvisação ou variabilidade aleatória (Dornier et al., 2018). A transição do hobby para a escala comercial exige que a fermentação seja suportada por uma engenharia de processos capaz de garantir uma experiência consistente em cada garrafa, independentemente do lote (Steffe, 2012).

A padronização emerge, assim, não como limitador da criatividade, mas como alicerce da escalabilidade do negócio (Kiran, 2019). A complexidade bioquímica da fermentação do mel exige o controle rigoroso de parâmetros como a suplementação escalonada de nutrientes (FAN – *Free Amino Nitrogen*), as curvas de temperatura e a vitalidade das leveduras, sob pena de gerar *off-flavors* ou fermentações estagnadas (Ramalhosa et al., 2011).

Cabe à Engenharia de Produção desenhar processos estáveis, com variáveis críticas monitoradas (Slack et al., 2019). Sem isso, a hidromelaria produz lotes heterogêneos em sabor, aroma e teor alcoólico, o que dificulta a fidelização do cliente e a consolidação da marca (Pyzdek & Keller, 2018). A padronização é também exigência sanitária (Lelieveld et al., 2014) e financeira: a variabilidade gera

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

desperdício de insumos caros, como o mel, retrabalho e perda de lotes, custos ocultos que corroem a margem de lucro (Womack & Jones, 2010).

Nesse contexto, o arranjo físico deve ser projetado para induzir o comportamento padronizado, facilitando a execução correta das tarefas e minimizando o erro humano (Tompkins et al., 2010). O layout deixa de ser um arranjo estático de paredes e máquinas e passa a funcionar como ferramenta de gestão visual e de fluxo, promovendo a disciplina necessária para transformar uma produção doméstica em uma microindústria eficiente e segura (Baudin, 2011).

3.1.1 Boas Práticas de Fabricação, Procedimentos Operacionais e Higiene

A padronização materializa-se no chão de fábrica por meio das Boas Práticas de Fabricação (BPF) e dos Procedimentos Operacionais Padrão (POPs) (Lelieveld et al., 2014). As BPF constituem um conjunto mandatório de normas sanitárias e comportamentais que abrange desde a infraestrutura predial (pisos, drenagem, ventilação) até a higiene pessoal e o treinamento dos colaboradores, visando à inocuidade do alimento (Holah, 2014).

Nas hidromelarias, sua aplicação é crítica: o mosto, rico em açúcares fermentescíveis e nutrientes, é altamente suscetível a contaminações por bactérias láticas, acéticas ou leveduras selvagens (Gupta & Sharma, 2019; Ramalhosa et al., 2011). Diferentemente de bebidas com pH mais restritivo ou lupulagem intensa, o hidromel não admite falhas de higiene em nenhuma etapa.

A contaminação cruzada é o maior risco técnico e financeiro da produção e exige segregação clara entre as áreas de manipulação de matéria-prima bruta (zona suja: caixas, frutas *in natura* e mel bruto) e as de processamento final e envase (zona limpa) (Spreer, 2017).

Os POPs complementam essas barreiras ao descrever "como", "quando" e "por quem" cada atividade de limpeza e sanitização (PPHO) deve ser realizada, definindo concentrações de sanitizantes, tempos de contato e métodos de enxágue, o que retira a subjetividade da higienização (Lelieveld et al., 2014).

3.2 ENGENHARIA DE INSTALAÇÕES E O MÉTODO SLP

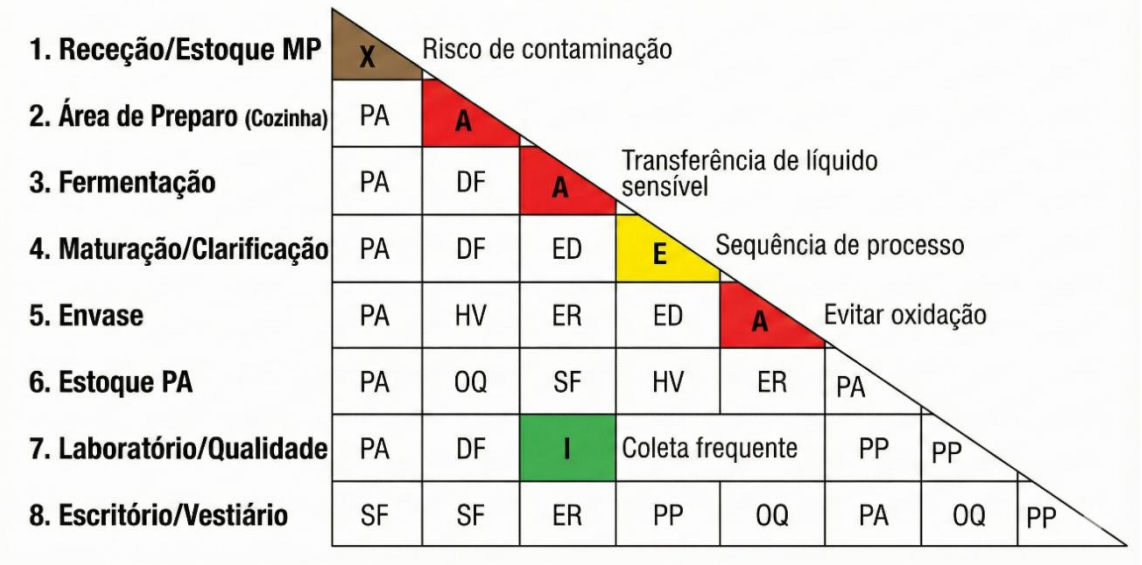
O planejamento de instalações (*Facilities Planning*) é uma disciplina estratégica da Engenharia de Produção que integra espaço físico, fator humano, fluxo de informações e estratégia operacional (Tompkins et al., 2010). O arranjo físico é um

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

recurso ativo, que pode limitar ou potencializar a capacidade produtiva (Slack et al., 2019). Para alocar máquinas, tanques, pessoas e utilidades em um espaço finito, recorre-se ao Planejamento Sistemático de Layout (SLP – *Systematic Layout Planning*) (Muther, 2015).

Desenvolvida por Richard Muther, essa metodologia substitui a decisão intuitiva por um procedimento heurístico baseado em dados (Stephens, 2019), combinando a análise quantitativa P-Q (Produto-Quantidade) e a análise qualitativa do Diagrama de Relacionamento de Atividades (Casavant, 2019).

Figura 1: Diagrama de Relacionamento de Atividades (Matriz SLP)



Fonte: Muther 2015. (modificado)

Na Matriz de Relacionamento (Figura 1), adotou-se a codificação padrão do SLP, que gradua a necessidade de proximidade entre departamentos por vogais e cores: 'A' (Vermelho) para relações absolutamente necessárias, 'E' (Amarelo) para especialmente importantes, 'I' (Verde) para importantes e 'X' (Castanho/Preto) para relações indesejáveis, que exigem distanciamento. As siglas nas células justificam as decisões: eficiência logística e sequência produtiva — DF (Distância de Fluxo), PA (Processo e Abastecimento) e EM (Estabilidade do Material); infraestrutura e gestão de ativos — ED (Equipamentos Dedicados) e ER (Eficiência de Recursos); segurança alimentar e rotina operacional — HV (Higiene e Ventilação), SF (Separação Física), OQ (Operação e Qualidade) e PP (Pessoas e Procedimentos).

Assim, o SLP permite projetar um sistema que respeita a sequência lógica de transformação, minimizando conflitos de tráfego e distâncias de transporte e

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

otimizando o metro quadrado, ativo de alto custo fixo (Chawla, 2015; Tompkins et al., 2010).

3.2.1 A importância crítica do fluxo de materiais

O fluxo de materiais é a "espinha dorsal" do layout industrial, influenciando entre 20% e 50% dos custos totais de operação (Tompkins et al., 2010). Deve ser progressivo e unidirecional, eliminando os desperdícios de movimentação e transporte combatidos pelo *Lean Manufacturing* (Womack & Jones, 2010; Baudin, 2011) e evitando o *backtracking* (retrocesso de materiais) e os cruzamentos de fluxo (*cross-traffic*), que geram gargalos e riscos de acidentes (Stephens, 2019; Chawla, 2015).

Na produção de hidromel em batelada, a linearidade do processo — da diluição do mel ao envase — deve ser espelhada na geografia do arranjo físico (Slack et al., 2019; Gupta & Sharma, 2019), de modo que o material percorra a menor distância possível entre etapas de valor agregado (Kiran, 2019). Isso eleva a vazão de produção (*Throughput*) e reduz o *Lead Time* e os estoques em processo (WIP) (Ortiz, 2012).

3.2.2 O zoneamento sanitário e o Design Higiênico

Paralelamente à eficiência logística, o layout na indústria de alimentos deve ser regido pelo *Hygienic Design* (Design Higiênico) (Lelieveld et al., 2014), segundo o qual pisos, tubulações e demais elementos da infraestrutura devem impedir o acúmulo de matéria orgânica e umidade, eliminando nichos de formação de biofilmes (Holah, 2014). O zoneamento sanitário atua, assim, como ferramenta preventiva: a planta é segmentada em áreas com gradientes de higiene distintos, separadas por barreiras que bloqueiam a migração de microrganismos das áreas sujas para as limpas (Spreer, 2017).

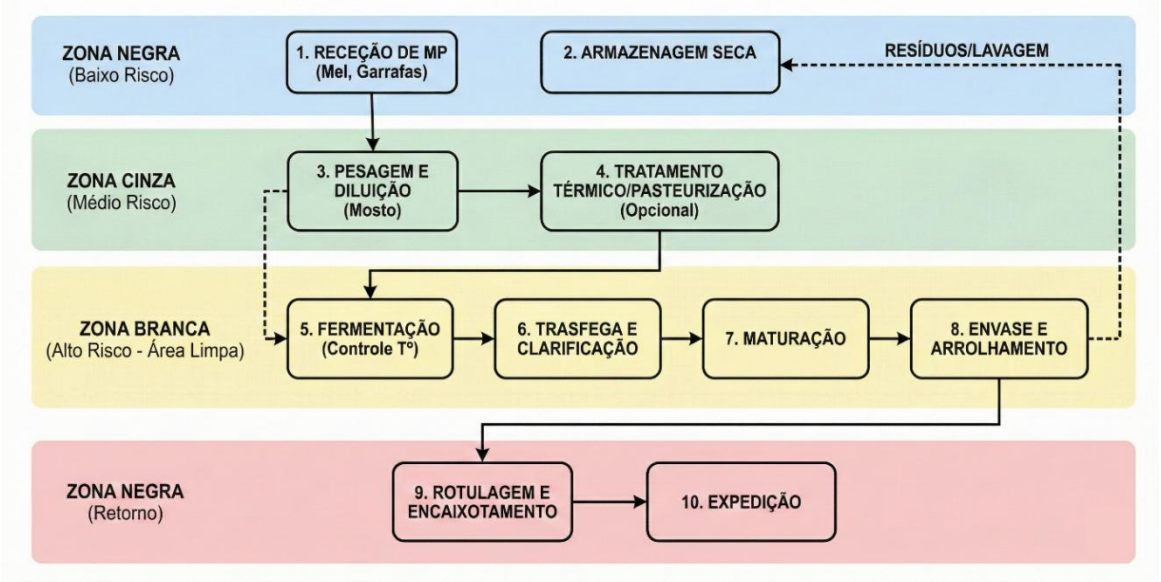
Classicamente, definem-se três níveis de segregação. A Zona Negra (baixo risco) compreende a recepção de matéria-prima bruta, a expedição de produto acabado e as utilidades; nela, o produto está protegido por sua própria natureza (como a alta pressão osmótica do mel puro) ou já envasado. A Zona Cinza (médio risco) destina-se ao preparo do mosto, à diluição e aos tratamentos térmicos, sendo uma área de transição em que a carga microbiana é reduzida ativamente (Lelieveld et al., 2014).

A Zona Branca (alto risco), crítica para a hidromelaria, abriga fermentação, maturação, trasfega e envase. Nela, o produto está exposto a contaminações pós-processamento, sem etapas posteriores que eliminem microrganismos (Spreer, 2017),

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

o que exige acesso restrito e barreiras sanitárias ativas, como pedilúvios e pias para higienização das mãos.

Figura 2: Fluxograma de processo produtivo e zoneamento sanitário proposto



Fonte: Elaborado pelo autor

O layout deve funcionar como mecanismo ativo de contenção, impondo barreiras ao trânsito aleatório de pessoas e materiais, um dos principais vetores de contaminação cruzada na indústria de bebidas (Holah, 2014). Essas barreiras materializam-se em antecâmaras sanitárias (*airlocks*) e vestiários de barreira, que funcionam como zonas de transição e descontaminação.

Nas interfaces entre zonas (por exemplo, da Zona Cinza para a Zona Branca), pedilúvios e estações automáticas de higienização de mãos criam um "checkpoint" físico que impede o acesso a áreas sensíveis sem o cumprimento dos protocolos (Lelieveld et al., 2014). Idealmente, a sala de envase deve operar sob pressão positiva em relação às áreas adjacentes, impedindo a entrada de poeira e esporos fúngicos oriundos do armazenamento ou da recepção (Casavant, 2019).

Configurado dessa maneira, o arranjo físico atua como um sistema *Poka-Yoke* (à prova de erros) estrutural: ao impossibilitar fisicamente comportamentos de risco — como o atalho entre a recepção de matéria-prima suja e o envase —, assegura a segregação sem depender exclusivamente da disciplina do operador (Slack et al., 2019). A infraestrutura torna-se componente ativo da garantia da qualidade, protegendo a estabilidade biológica do hidromel (Pyzdek & Keller, 2018) e facilitando futuras certificações, como a ISO 22000.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3.3 OTIMIZAÇÃO DO FLUXO E SEGURANÇA ALIMENTAR

A definição da tipologia de fluxo é uma decisão estratégica que molda o desempenho operacional da fábrica (Tompkins et al., 2010; Slack et al., 2019). Segundo a literatura de *Facilities Planning*, o layout ideal absorve a variabilidade da demanda e do mix de produtos sem desperdícios de movimentação ou transporte (Stephens, 2019; Casavant, 2019), comprimindo o *Lead Time* e fazendo prevalecer as atividades de valor agregado sobre esperas, transportes e estocagens (Womack & Jones, 2010; Baudin, 2011). Em bebidas fermentadas, cujo tempo de ciclo é ditado pela biologia, a eficiência nas etapas de pré e pós-processamento é um diferencial competitivo (Gupta & Sharma, 2019; Ramalhosa et al., 2011).

Simultaneamente, o fluxo deve garantir a segurança alimentar (Lelieveld et al., 2014), sendo unidirecional e sem retrocessos ou cruzamentos que favoreçam a contaminação cruzada (Holah, 2014). A separação entre zonas "sujas" e "limpas" atua como barreira sanitária passiva (Spreer, 2017), e o arranjo físico converte-se em medida preventiva que facilita a adesão à Análise de Perigos e Pontos Críticos de Controle (APPCC) (Mortimore & Wallace, 2013).

3.3.1 As estratégias de fluxos

O fluxo em linha reta (I-Flow) tem entrada e saída em extremidades opostas, sendo ideal para edifícios longos e linhas de alta velocidade (Tompkins et al., 2010; Stephens, 2019). Sua vantagem é a segregação sanitária natural entre zonas suja e limpa, que facilita o cumprimento do HACCP (Holah, 2014; Lelieveld et al., 2014); contudo, dificulta a supervisão centralizada e exige duplicar docas e redes de utilidades (Slack et al., 2019).

O fluxo vertical, tradicional em vinícolas, usa a gravidade para mover fluidos entre níveis, sendo indicado para produtos *premium* ou instalações com pé-direito elevado (Saravacos & Kostaropoulos, 2016; Chawla, 2015). Destaca-se pela eficiência energética e pela preservação sensorial ao minimizar o bombeamento (Gupta & Sharma, 2019; Steffe, 2012), mas requer alto investimento estrutural e impõe desafios ergonômicos na movimentação de cargas (Casavant, 2019).

O fluxo em "L" é uma solução adaptativa para terrenos restritos ou esquinas, com desvio de 90 graus no processo (Tompkins et al., 2010; Stephens, 2019). Oferece separação razoável entre zonas (Muther, 2015), mas pode criar "cantos mortos" e, se mal dimensionado, gargalos e acúmulo de material no vértice (Baudin, 2011).

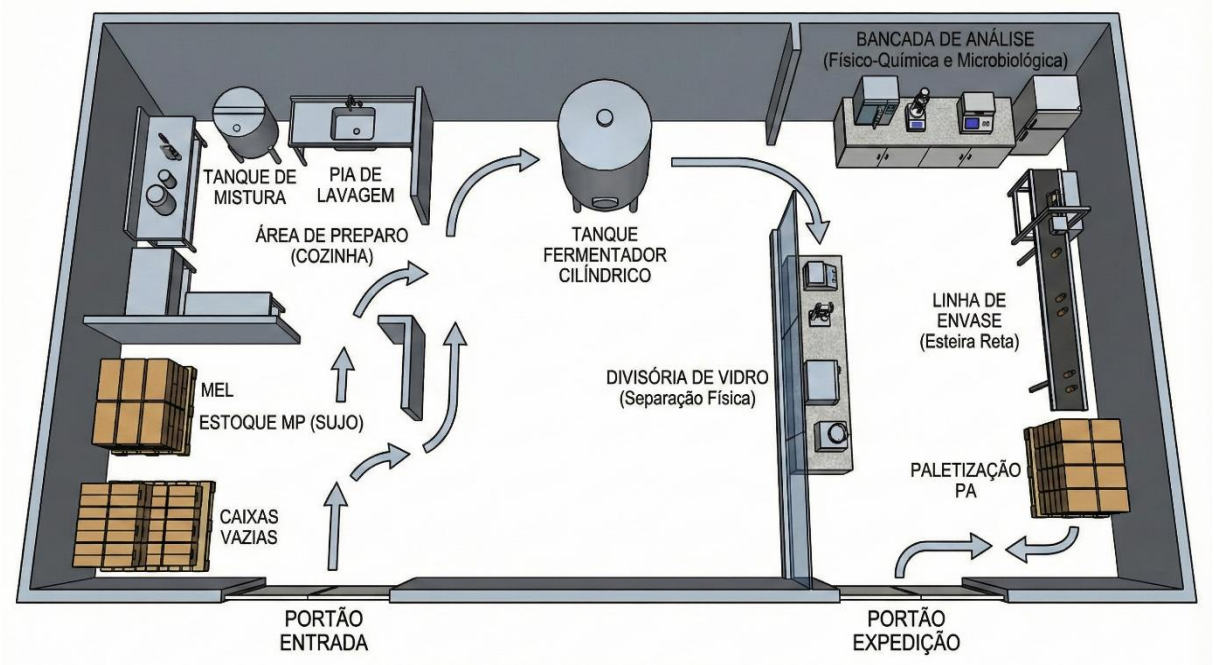
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

O fluxo em "U", consagrado no *Lean Manufacturing*, posiciona entrada e saída na mesma face da planta e é ideal para microindústrias (Womack & Jones, 2010; Slack et al., 2019; Baudin, 2011). Permite compartilhar docas e favorece a polivalência da mão de obra e a supervisão centralizada (Ortiz, 2012; Pyzdek & Keller, 2018), e seu risco sanitário é mitigado com barreiras físicas e BPF no centro do layout (Lelieveld et al., 2014; Holah, 2014).

3.4 ESTRATÉGIA E COMPETITIVIDADE DO LAYOUT EM "U" NA HIDROMELARIA ARTESANAL

A escolha do fluxo em "U" responde às características da matéria-prima e do processo (Gupta & Sharma, 2019). Diferentemente de insumos perecíveis como leite ou uvas frescas, o mel tem alta estabilidade microbiológica, o que reduz a necessidade de recepção imediata em linha reta (Ramalhosa et al., 2011). O desafio do hidromel está no longo ciclo produtivo, em que fermentação e maturação imobilizam tanques por semanas ou meses (Steffe, 2012). O compartilhamento de docas e equipamentos de movimentação reduz o investimento inicial (CAPEX) e libera recursos para a área de tancagem, verdadeiro gargalo da capacidade (Tompkins et al., 2010; Stephens, 2019).

Figura 3: Layout proposto em U (planta baixa)



Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao "dobrar" a linha, o "U" aproxima início e fim do processo, criando uma célula de trabalho centralizada e de alta visibilidade, favorável à gestão à vista (Ortiz, 2012;

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Pyzdek & Keller, 2018; Slack et al., 2019). O mestre hidromel pode supervisionar simultaneamente uma fermentação ativa e um envase sem deslocamentos improdutivos (Womack & Jones, 2010), respondendo rapidamente a anomalias de qualidade (Baudin, 2011).

O risco sanitário da proximidade entre zonas suja e limpa é mitigado por soluções de *Hygienic Design* (Holah, 2014): barreiras físicas verticais no eixo central do "U", combinadas com pressão positiva na área de envase, garantem a segregação exigida pelas normas (Lelieveld et al., 2014; Casavant, 2019). O layout em "U" equilibra, assim, eficiência logística, supervisão centralizada e integridade biológica do produto (Chawla, 2015).

3.5 IMPACTO ECONÔMICO E ESTRATÉGICO DO ARRANJO FÍSICO E ZONEAMENTO

O layout não é apenas uma questão de organização espacial, mas um determinante da estrutura de custos e da rentabilidade (Slack et al., 2019). Um arranjo otimizado impacta o CAPEX (investimento em construção e máquinas) e, principalmente, o OPEX (*Operational Expenditure*) (Tompkins et al., 2010; Casavant, 2019), transformando o metro quadrado de fábrica em vantagem competitiva e reduzindo o custo unitário por garrafa (Stephens, 2019; Kiran, 2019).

3.5.1 Redução de desperdícios operacionais e filosofia Lean

Um layout racional ataca os desperdícios de movimentação (*Motion*) e transporte tipificados pelo *Lean Manufacturing* (Womack & Jones, 2010; Ortiz, 2012). Em layouts não planejados, operadores podem percorrer quilômetros diariamente para buscar ferramentas, acoplar mangueiras ou movimentar insumos (Stephens, 2019; Barnes, 2018), tempo remunerado que não agrega valor (Slack et al., 2019). Ao aproximar os estoques dos pontos de consumo (*Point-of-Use Storage*) e eliminar gargalos, a hidromelaria reduz o *Lead Time* (Baudin, 2011; Tompkins et al., 2010) e dilui custos fixos de mão de obra e energia, elevando a produtividade sem novas contratações (Kiran, 2019; Casavant, 2019).

3.5.2 Mitigação de custos da não-qualidade e gestão de risco

Integrado ao layout desde a concepção, o zoneamento sanitário atua como "vacina" estrutural contra os custos da não-qualidade (Lelieveld et al., 2014; Holah, 2014). A contaminação de um tanque por bactérias láticas ou acéticas, decorrente do

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

cruzamento de fluxos, resulta na perda total do lote (Gupta & Sharma, 2019; Ramalhosa et al., 2011), com prejuízo que vai além do mel e da água: inclui energia, horas de trabalho e o custo de oportunidade de um tanque ocupado por semanas sem gerar receita (Slack et al., 2019; Kiran, 2019). Mais grave é a perda de reputação caso um produto defeituoso chegue ao mercado (Pyzdek & Keller, 2018; Aquilani et al., 2015). O investimento em barreiras sanitárias e fluxo lógico retorna, assim, como prevenção de perdas e perenidade do negócio (Tompkins et al., 2010; Casavant, 2019).

3.6 PERSPECTIVAS DE AMPLIAÇÃO, ESCALABILIDADE E SUSTENTABILIDADE OPERACIONAL

O layout foi concebido sob a premissa da modularidade, permitindo ampliar a capacidade com novos tanques de fermentação e maturação sem grandes intervenções civis ou paradas da planta (Slack et al., 2019; Tompkins et al., 2010). Assim, aumentos de *market share* são absorvidos pelo fluxo existente, e a infraestrutura atua como facilitadora da expansão, não como gargalo (Stephens, 2019; Kiran, 2019).

A definição clara das áreas de armazenamento e dos fluxos de entrada permite migrar da compra fracionada de mel e garrafas para a aquisição por paletes ou tambores, com ganhos de escala (Casavant, 2019; Womack & Jones, 2010). Além disso, um ambiente padronizado reduz a curva de aprendizado de novos colaboradores e facilita o treinamento e a delegação de tarefas à medida que a equipe cresce (Baudin, 2011; Pyzdek & Keller, 2018).

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A estruturação de uma hidromelaria artesanal sob a ótica da Engenharia de Produção vai além da alocação de equipamentos: trata-se de projetar um sistema produtivo capaz de sustentar o crescimento do negócio. O objetivo do estudo foi alcançado ao propor um arranjo físico fundamentado no SLP, demonstrando que ferramentas técnicas aplicadas na fase de projeto são determinantes para a viabilidade operacional.

A análise comparativa das estratégias de fluxo indicou que, para pequenas e médias hidromelarias, o layout em "U" oferece o melhor compromisso entre a eficiência do *Lean Manufacturing* e as exigências de controle, otimizando o espaço e

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

dando ao gestor uma visão panorâmica do processo, vital em ciclos de produção longos.

Aliado ao zoneamento sanitário, que assegura a segurança alimentar por meio de barreiras físicas, e à padronização, que elimina a variabilidade artesanal nociva, esse arranjo reduz custos de forma sistêmica, preserva a matéria-prima nobre e otimiza o tempo de ciclo, fatores indispensáveis à sustentabilidade de uma hidromelaria em escala comercial.

Conclui-se que o investimento no design da fábrica é um diferencial competitivo: ao transformar metros quadrados em fluxo de valor, o engenheiro de produção entrega não apenas uma planta baixa, mas um modelo de gestão que protege a rentabilidade e a reputação da marca.

REFERÊNCIAS

AQUILANI, B.; LAURETI, T.; POPONI, S.; SECONDI, L. **Beer choice and consumption determinants when craft beers are tasted: An exploratory study of consumer preferences**. Food Quality and Preference, v. 41, p. 214-224, 2015.

BARNES, D. **Operations management: an international perspective**. 3. ed. London: Palgrave Macmillan, 2018.

BAUDIN, M. **Lean logistics: the nuts and bolts of delivering materials and goods**. New York: Productivity Press, 2011.

CASAVANT, T. **Industrial engineering and production management**. New York: ED-Tech Press, 2019.

CHAWLA, G. **Plant layout and facility planning**. In: Industrial Engineering and Management. 2. ed. Delhi: Dhanpat Rai & Co, 2015.

DORNIER, M. et al. **Global operations and logistics: text and cases**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 2018.

GUPTA, K.; SHARMA, R. **Production technology of mead and vermouth**. In: Alcoholic Beverages: Sensory Evaluation and Consumer Research. Cambridge: Woodhead Publishing, 2019. p. 325-343.

HOLAH, J. **Hygienic design of food factories**. In: Hygiene in Food Processing. 2. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014.

KIRAN, D. R. **Production planning and control: a comprehensive approach**. Oxford: Butterworth-Heinemann, 2019.

LELIEVELD, H. L.; HOLAH, J.; NAGLE, D. **Hygiene in food processing: principles and practice**. 2. ed. Cambridge: Woodhead Publishing, 2014.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

MIGUEL, P. A. C. et al. **Metodologia de pesquisa em engenharia de produção e gestão de operações**. 2. ed. Rio de Janeiro: Elsevier, 2012.

MUTHER, R. **Systematic layout planning (SLP)**. 4. ed. Marietta: Management & Industrial Research Publications, 2015.

ORTIZ, C. A. **The psychology of lean improvements**. Boca Raton: CRC Press, 2012.

PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico**. 2. ed. Novo Hamburgo: Feevale, 2013.

PYZDEK, T.; KELLER, P. **The Six Sigma handbook**. 5. ed. New York: McGraw-Hill Education, 2018.

RAMALHOSA, E. et al. **Mead production: chemical and sensory characteristics**. Food Chemistry, v. 125, n. 4, p. 1312-1318, 2011.

SARAVACOS, G.; KOSTAROPOULOS, A. E. **Handbook of food processing equipment**. 2. ed. Cham: Springer, 2016.

SLACK, N.; BRANDON-JONES, A.; JOHNSTON, R. **Operations management**. 9. ed. Harlow: Pearson Education Limited, 2019.

SPREER, E. **Milk and dairy product technology**. Boca Raton: CRC Press, 2017.

STEFFE, J. F. **Rheological methods in food process engineering**. 2. ed. East Lansing: Freeman Press, 2012.

STEPHENS, M. P. **Manufacturing facilities design and material handling**. 6. ed. West Lafayette: Purdue University Press, 2019.

TOMPKINS, J. A. et al. **Facilities planning**. 4. ed. Hoboken: John Wiley & Sons, 2010.

WOMACK, J. P.; JONES, D. T. **Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation**. New York: Simon & Schuster, 2010.

ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO DOS SOLOS: ANÁLISE DOS PARÂMETROS DE COESÃO E ÂNGULO DE ATRITO INTERNO

Alexandre Scheuer [1]
Caroline Alves do Amaral [2]
Eduardo Cymbalista [3]
Vanessa Estriser [4]

RESUMO: A resistência ao cisalhamento dos solos constitui um dos principais parâmetros da engenharia geotécnica, sendo fundamental para avaliar a estabilidade e a segurança de fundações, taludes, estruturas de contenção e demais obras de terra. este trabalho aborda os fundamentos teóricos e experimentais relacionados à determinação da resistência ao cisalhamento, com ênfase nos parâmetros de coesão (c) e ângulo de atrito interno (φ), definidos pelo critério de ruptura de mohr-coulomb. A pesquisa apresenta abordagem quantitativa, bibliográfica e experimental, fundamentada em autores clássicos da mecânica dos solos e em procedimentos laboratoriais normalizados. São analisados o ensaio de cisalhamento direto e, principalmente, o ensaio de compressão triaxial, que permite reproduzir diferentes estados de tensão e condições de drenagem, além de avaliar a influência da poropressão e das tensões efetivas sobre o comportamento do solo. A partir da aplicação de diferentes tensões de confinamento e carregamentos axiais, são obtidas as tensões de ruptura necessárias para a construção dos círculos de mohr e da envolvente de resistência, possibilitando determinar os parâmetros geomecânicos do material. Também são discutidos os mecanismos de atrito intergranular, coesão e entrelaçamento das partículas, bem como as diferenças entre condições drenadas e não drenadas. Os resultados e fundamentos apresentados demonstram que a correta determinação da resistência ao cisalhamento permite representar de maneira mais confiável o comportamento do solo em campo, contribuindo para o dimensionamento seguro e economicamente eficiente das estruturas geotécnicas e para a prevenção de rupturas, deslizamentos e outros acidentes associados à instabilidade dos solos.

Palavras-Chave: Cisalhamento, Mohr-Coulomb, Triaxial, Coesão, Atrito.

ABSTRACT: Soil shear strength is a key parameter in geotechnical engineering, essential for assessing the stability and safety of foundations, slopes, retaining structures, and other earthworks. This work addresses the theoretical and experimental foundations for determining shear strength, with an emphasis on the parameters of cohesion (c) and the angle of internal friction (φ), as defined by the mohr-coulomb failure criterion. The research employs a quantitative, bibliographic, and experimental approach, drawing upon classic texts in soil mechanics and standardized laboratory procedures. it analyzes the direct shear test and, most notably, the triaxial compression test—a method that allows for the simulation of various stress states and drainage conditions, while also enabling the evaluation of how pore pressure and effective stresses influence soil behavior. By applying different confining pressures and axial loads, the failure stresses required to construct mohr's circles, and the failure envelope are obtained, facilitating the determination of the material's geomechanically parameters. The study also discusses mechanisms such as intergranular friction, cohesion, and particle interlocking, as well as the distinctions between drained and undrained conditions. The results and principles presented demonstrate that an accurate determination of shear strength allows for a more reliable representation of soil behavior in the field, contributing to the safe and cost-effective design of geotechnical structures and the prevention of failures, landslides, and other incidents linked to soil instability.

[1]Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[2] Graduanda em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[3] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[4] Graduada em Engenharia Civil pelo Centro Universitário Vale do Iguaçu. Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela EB-PÓS, Graduada em Design de Interiores pela Faculdade CENSUPEG.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Keywords: Shear, Mohr-Coulomb, Triaxial, Cohesion, Friction.

1 INTRODUÇÃO

A determinação da resistência ao cisalhamento dos solos é um dos pilares fundamentais da Engenharia Geotécnica e das Obras de Terra. A resistência de uma massa de solo é definida principalmente pela sua capacidade de suportar tensões cisalhantes sem sofrer rupturas ou deformações excessivas, sendo que toda massa de solo se rompe quando essa resistência interna é excedida. Para a engenharia, essa propriedade é vital para garantir a estabilidade de qualquer estrutura construída sobre ou com o solo.

O modelo clássico utilizado para descrever esse comportamento é o Critério de Ruptura de Mohr-Coulomb, expresso pela equação matemática $\tau = c + \sigma' \cdot \tan(\phi)$. A resistência ao cisalhamento (τ) é composta pela coesão (c), que resulta de interações entre partículas, e pelo ângulo de atrito interno (ϕ), ou seja, o atrito mecânico e o entrelaçamento entre os grãos. Esses parâmetros são fundamentais para modelar como a tensão normal vertical mantém as partículas unidas e resiste ao deslizamento.

Para obter esses parâmetros de forma precisa, a geotecnia utiliza ensaios laboratoriais específicos, como o ensaio de cisalhamento direto e, mais refinadamente, o ensaio de compressão triaxial. O ensaio triaxial permite simular com fidelidade o estado tridimensional de tensões do solo. Além disso, possibilita o controle rigoroso da drenagem e a medição das pressões neutras na água contida nos poros, fatores que alteram significativamente a resistência final do material.

O conhecimento detalhado desses parâmetros permite que profissionais da Engenharia Civil realizem o dimensionamento seguro de infraestruturas. Aplicações práticas incluem o cálculo da capacidade de carga de fundações, a análise da estabilidade de taludes e encostas, e o dimensionamento de estruturas de contenção, como muros de arrimo. Assim, o estudo da resistência ao cisalhamento traduz fenômenos físicos complexos em parâmetros matemáticos que garantem a viabilidade técnica e econômica das obras.

1.1 JUSTIFICATIVA

A relevância deste trabalho para a sociedade reside na garantia da segurança e economia das obras de infraestrutura. A compreensão correta dos parâmetros de resistência do solo previne desastres naturais e acidentes de engenharia, como

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

deslizamentos em períodos de chuva e colapsos de fundações, que podem causar perdas humanas e materiais significativos. Além disso, a aplicação de parâmetros precisos evita o superdimensionamento de estruturas, permitindo que projetos durem mais e sejam economicamente viáveis para a sociedade.

1.1.1 Problema de pesquisa

O problema de pesquisa consiste na necessidade de determinar como o solo reagirá sob diferentes estados de tensão e condições de drenagem antes da execução de uma obra, uma vez que a falha ocorre assim que a resistência interna é superada. O desafio é simular em laboratório, através de equipamentos como a prensa de carregamento axial e sensores de poropressão, o comportamento real do solo para obter valores confiáveis de coesão e atrito que sejam compatíveis com as condições críticas de campo.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Determinar a resistência ao cisalhamento de amostras de solo através da obtenção da envolvente de ruptura de Mohr-Coulomb, extraindo os parâmetros geomecânicos de coesão (c) e ângulo de atrito interno (ϕ) sob condições controladas, além de demonstrar como garantir a segurança de obras e como as partículas de solo se comportam durante um ensaio ou na realidade de uma obra, trazendo, inclusive, informações por meio de gráficos e testes além de teoria em geral.

1.2.2 Objetivos Específicos

Simular o estado tridimensional de tensões, aplicando pressões de confinamento (σ') que correspondam à profundidade real do solo no campo, avaliar o comportamento do solo sob diferentes condições de drenagem (ensaios CD, CU ou UU), analisando a influência da pressão neutra na resistência efetiva entre os grãos, construir e analisar os Círculos de Mohr a partir dos dados de ruptura de múltiplos corpos de prova para definir a reta de resistência e os parâmetros de projeto, avaliar o comportamento tensão-deformação e a variação da pressão neutra (u) sob carregamento axial desviador, determinar o comportamento de partículas de solo durante um ensaio e a prática na obra por meio do ângulo de atrito interno (ϕ), avaliar como funciona e como se aplica na prática a Resistência ao Cisalhamento.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2 DESENVOLVIMENTO TEÓRICO

A resistência ao cisalhamento é a resistência interna que uma massa de solo oferece para evitar o deslizamento ao longo de qualquer plano interno. Como destaca Homero Pinto Caputo (2006), a estabilidade de estruturas e a capacidade de suporte dependem dessa propriedade, ocorrendo a ruptura quando esse limite é ultrapassado. Para a engenharia, esse comportamento é essencial para prevenir colapsos em fundações e encostas.

O modelo teórico fundamental é o Critério de Ruptura de Mohr-Coulomb, definido pela equação. Nele, a resistência advém da coesão (c), resultante de atrações entre partículas, e do ângulo de atrito interno (φ), que reflete o atrito mecânico e o entrelaçamento entre os grãos. Segundo Braja M. Das (2014), em solos densos, esse entrelaçamento físico gera uma resistência adicional crucial para o projeto.

A teoria ressalta ainda que a resistência depende das tensões efetivas (contato entre os grãos) e não da pressão da água nos poros. Conforme as contribuições de autores como Pinto (2006) e Skempton (1954), se a água não é drenada, a poropressão aumenta e reduz a pressão efetiva, diminuindo a resistência do solo. Compreender essas interações é o que permite traduzir fenômenos físicos em parâmetros matemáticos seguros para a infraestrutura

2.1 RESISTÊNCIA AO CISALHAMENTO

A resistência ao cisalhamento é induzida pelo estado tridimensional de tensões e medida através do comportamento da amostra no momento da ruptura. A tensão de cisalhamento surge a partir de duas forças obtidas durante o ensaio, a pressão confinante e a carga axial, com uma sendo responsável por empurrar a amostra por igual de todos os lados e a outra empurra a amostra verticalmente de cima para baixo, respectivamente. Ao somar a pressão confinante com a carga Axial obtém-se a tensão principal maior, e por haver pressão confinante e tensão principal, maiores tensões de cisalhamento são geradas automaticamente em todos os planos inclinados.

À medida que o pistão empurra a amostra aumentando a carga axial, a tensão de cisalhamento nos planos internos vai aumentando até superar a resistência interna do solo. Nesse instante, o solo rompe por cisalhamento, os grãos deslizam uns sobre os outros ao longo de um plano de fraqueza inclinado. A perspectiva teórica é dada pelo critério de Mohr-Coulomb, a ruptura por cisalhamento ocorre em um plano inclinado em relação ao plano horizontal por um ângulo θ:

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

$$\theta = 45º + 0.5\varphi$$

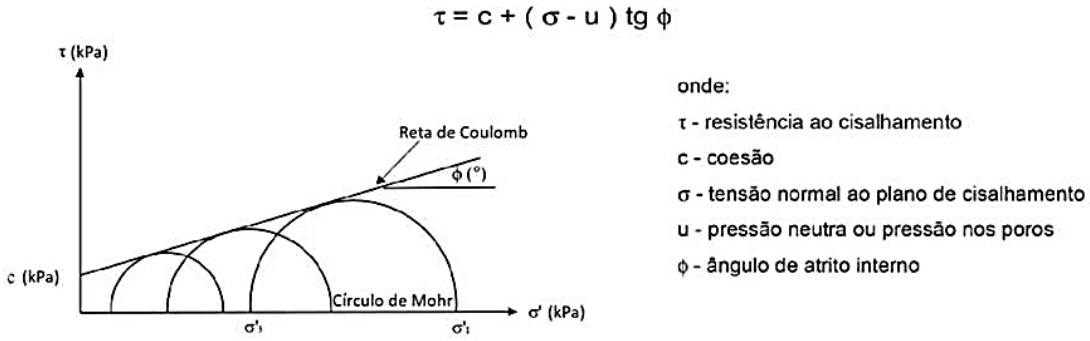
Se o ângulo de atrito do solo, representado por φ' for 30°, por exemplo, a amostra vai fissurar e deslizar em um plano com inclinação de 60°:

$$\theta = 45º + 0.5 \cdot 30º => \theta = 60º.$$

Já, a resistência ao cisalhamento máxima, representada por τf, ou τmax, que o solo suportou naquele plano é dada pelas duas componentes clássicas da geotecnia, o atrito intergranular e a coesão, somadas, elas são representadas respectivamente por,$\sigma' n \cdot \tan(\phi)$ e c', Conforme a Figura 1.

$$\tau f = c' + \sigma' n \times \tan(\phi).$$

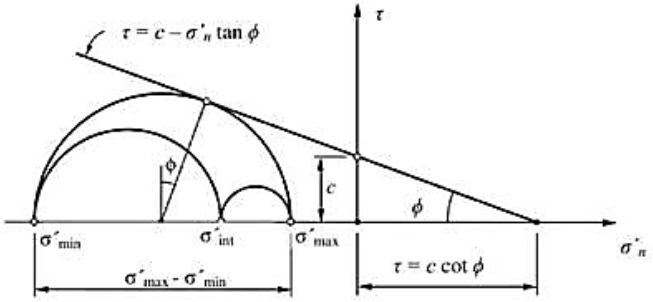
Figura 1 - Envoltória de resistência de Mohr-Coulomb.



Fonte: Testesolo, 2024.

Um único ensaio triaxial gera apenas um estado de ruptura σ_1 e σ_3, para determinar a resistência ao cisalhamento do solo como um todo, é necessário testar 3 ou mais corpos de prova idênticos do mesmo solo, cada um submetido a uma pressão de confinamento diferente. Para cada amostra, anota-se a tensão vertical máxima de ruptura. Através desses dados, desenham-se os círculos de Mohr para cada um dos ensaios em um gráfico de tensão de cisalhamento vs. tensão normal, e por fim, traça-se uma linha reta tangente a todos os círculos, representado na Figura 2.

Figura 2 - Envoltória de ruptura de Mohr-Coulomb.



Fonte: ResearchGate, 2013.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A resistência ao cisalhamento depende das tensões efetivas, ou seja, da pressão transmitida de grão para grão, e não da pressão na água contida nos poros. Se a água não consegue escapar é um ensaio não drenado - CU/UU: A água absorve parte da carga, gerando poropressão, a pressão entre os grãos diminui, e a resistência ao cisalhamento do solo cai. Se a água escapa livremente é um ensaio drenado - CD: toda a carga vai para a estrutura mineral do solo, mobilizando o atrito máximo entre os grãos.

2.2 ÂNGULO DE ATRITO INTERNO E ENSAIO DE CISALHAMENTO DIRETO

A estabilidade de qualquer estrutura civil depende da capacidade do solo de suportar cargas sem sofrer rupturas internas. Essa resistência é conhecida como ângulo de atrito interno (ϕ), cujo é um parâmetro que quantifica a oposição ao deslizamento entre os grãos de solo. A resistência dos solos vem da fricção mineralógica entre as superfícies e o entrelaçamento mecânico das partículas.

Em solos densos, o entrelaçamento exige que os grãos "subam" uns sobre os outros permitindo o movimento, o que gera uma resistência adicional. De acordo com Braja M. Das (2014) a resistência ao cisalhamento dos solos consiste na resistência interna por unidade de área que a massa de solo pode oferecer para resistir à falha e ao deslizamento ao longo de qualquer plano dentro dela, ou seja, a resistência máxima até o estado residual, que é onde as partículas do solo se quebra e “desliza” entre elas mesmas.

Para a engenharia, essa resistência é modelada matematicamente pelo critério de ruptura de Mohr Coulomb. Ele estabelece que a resistência ao cisalhamento (τ) é diretamente influenciada pela força vertical que mantém as partículas unidas, conhecida como tensão normal (σ), conforme afirma Homero Pinto Caputo (2015)

> "A propriedade dos solos em suportar cargas e conservar sua estabilidade, depende da resistência ao cisalhamento do solo; toda massa de solo se rompe quando esta resistência é excedida. " (Homero Pinto Caputo (2015) p.158)

A equação fundamental é dada por: $\tau = c + \sigma \cdot \tan(\phi)$, onde c representa a coesão e ϕ o ângulo de atrito. Para determinar esses parâmetros, utiliza-se o Ensaio de Cisalhamento Direto. O objetivo é determinar a envolvente de resistência de uma amostra de solo. Os equipamentos utilizados são uma caixa metálica bipartida, pedras porosas para drenagem, um pórtico de carga para aplicar a tensão normal e um motor

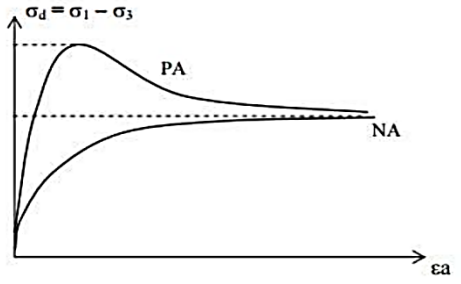
ugv Centro Universitário
INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

para induzir o deslocamento horizontal. Sensores (LVDTs ou extensômetros) medem os deslocamentos e as forças.

2.2.1 Procedimento:

A amostra é moldada dentro da caixa bipartida. Uma tensão normal (σ) constante é aplicada no topo. A metade inferior da caixa é movida horizontalmente com velocidade controlada. Registra-se a força de cisalhamento até que ocorra a ruptura ou deformação excessiva. O processo é repetido com diferentes tensões normais (ex: 50, 100 e 200 kPa) para definir a reta de resistência. O comportamento do solo durante o ensaio pode ser visualizado através de dois gráficos principais: A Curva Tensão de Cisalhamento (τ) vs. Deslocamento (ΔL) Na Figura 3, observa-se como o solo reage ao movimento.

Figura 3 – Argila Normalmente Adensada (NA) X Argila Pré-Adensada (PA)



Argila Normalmente adensada (NA)
x
Argila pré-adensada (PA)

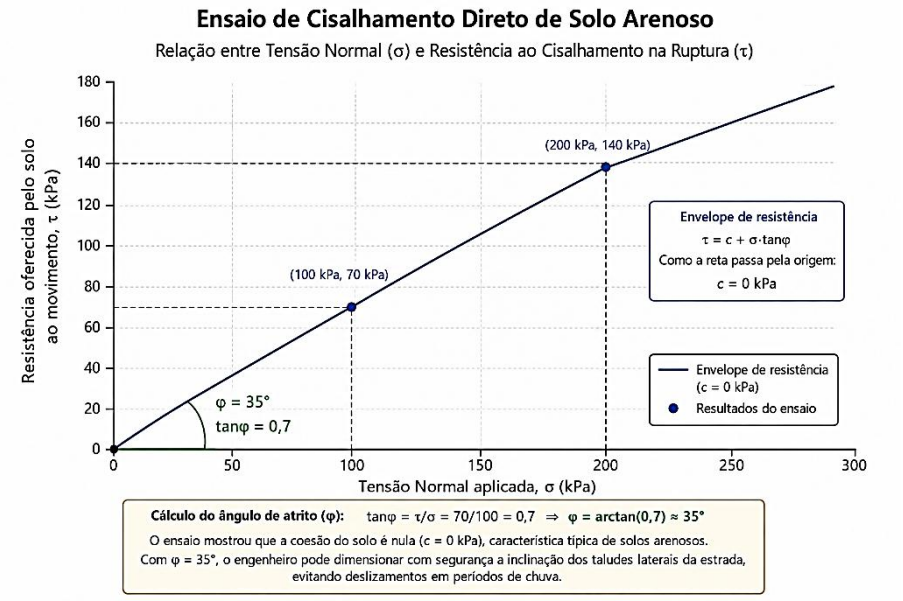
Fonte: Fundamentos de Engenharia Geotécnica. Cengage Learning, 2014. p. 13

Os parâmetros c e ϕ são fundamentais para o cálculo de fundações, muros de arrimo e estabilidade de taludes. Karl Terzaghi (1996) o pioneiro da geotecnia, ressaltou a importância vital deste estudo. Ele diz que resistência ao cisalhamento é a propriedade mais importante do solo para o projeto de fundações, muros de arrimo e estabilidade de taludes na engenharia civil.

Situação Hipotética: No projeto de uma estrada, um engenheiro precisa analisar um solo arenoso. No laboratório, o ensaio de cisalhamento direto revelou que, sob uma tensão normal de 100 kPa, o solo rompeu com 70 kPa de cisalhamento. Sob 200 kPa, a resistência subiu para 140 kPa. Ao traçar o gráfico, o engenheiro percebe que a reta passa pela origem ($c = 0$). A inclinação ($\tan\phi = 70/100 = 0{,}7$) revela um ângulo de atrito de 35°. Com esse valor, o profissional pode dimensionar com segurança a inclinação dos taludes laterais da estrada, evitando deslizamentos em períodos de chuva. Gráfico representado na Figura 4.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 4 – Gráfico representativo de Ensaio de Cisalhamento Direto de Solo Arenoso.



Fonte: Imagem gerada por inteligência artificial, 2026.

Conclui-se que o ângulo de atrito interno é a expressão da complexa interação entre os grãos de solo. Sua determinação através do ensaio de cisalhamento direto não é apenas um procedimento burocrático, mas a tradução de um fenômeno físico em parâmetros matemáticos que garantem a segurança e a economia das obras de infraestrutura. A compreensão da transição entre o estado de pico e o residual é o que diferencia uma engenharia puramente empírica de uma geotecnia moderna e resiliente.

2.3 ENSAIO DE COMPRESSÃO TRIAXIAL: ANÁLISE DA COESÃO E ÂNGULO DE ATRITO INTERNO DOS SOLOS

A resistência de uma massa de solo é definida principalmente pela sua capacidade de suportar tensões cisalhantes sem sofrer rupturas ou deformações plásticas excessivas (Caputo, 2015). O modelo clássico de resistência ao cisalhamento é regido pelo Critério de Ruptura de Mohr-Coulomb (Terzaghi e Peck, 1967), expresso matematicamente pela equação:

$$\tau = c + \sigma' \cdot \tan(\varphi)$$

Onde:

τ: Resistência ao cisalhamento no plano de ruptura (kPa);

c: Coesão intercepta do solo (kPa);

σ': Tensão normal efetiva atuante no plano de ruptura (kPa);

φ: Ângulo de atrito interno do solo (graus).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

A coesão (c) representa a parcela de resistência independente da tensão normal, decorrente de atrações entre partículas, cimentação mineral ou forças eletrostáticas (mais proeminentes em solos argilosos e finos).(Das, 2014). Dentre os ensaios de laboratório, o Ensaio de Compressão Triaxial é considerado o método mais robusto e preciso para determinar esses parâmetros, pois permite simular com fidelidade o estado tridimensional de tensões do maciço, além de possibilitar o controle de drenagem e a medição das pressões neutras durante o carregamento.

Determinar a resistência ao cisalhamento de uma amostra de solo submetida a um estado triaxial de tensões, obtendo a envolvente de ruptura de Mohr-Coulomb e extraindo os parâmetros geomecânicos de coesão (c) e ângulo de atrito interno (φ) nas condições totais ou efetivas. O sistema do ensaio triaxial é composto por dispositivos mecânicos, hidráulicos e eletrônicos de alta precisão (Head, 2014):

Câmara Triaxial de Acrílico: Cilindro transparente e resistente a elevadas pressões hidráulicas, onde o corpo de prova é posicionado e imerso sob fluidos de confinamento.

- Membrana Impermeável de Látex: Revestimento elástico que envolve a amostra e impede a infiltração direta do fluido de confinamento no solo.
- Pedras Porosas e Discos de Papel Filtro: Posicionados na base e no topo do corpo de prova para direcionar ou conter o fluxo de água dos poros.
- Prensa de Carregamento Axial: Equipamento eletromecânico que aplica a tensão desviadora ($\Delta\sigma_1$ ou σ_d) em taxa constante de deformação.
- Painéis de Pressão de Célula e Retro-pressão: Dispositivos hidráulicos encarregados de manter constantes a pressão de confinamento (σ_3) e a saturação interna.
- Transdutores Eletrônicos e LVDT: Sensores digitais para leitura contínua da variação de altura, força aplicada, pressão neutra e deslocamento volumétrico.
- A condução do ensaio triaxial segue diretrizes normalizadas (ABNT NBR 16801 / ASTM D4767) dividida em quatro etapas principais:

1. Preparação do Corpo de Prova: Moldagem da amostra cilíndrica com razão altura/diâmetro H ≈ 2D (ex.: diâmetro de 3,8 cm e altura de 7,6 cm). Determinação da massa, volume e umidade inicial.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

2. Montagem do Sistema: Alocação do solo sobre a pedra porosa inferior, colocação da membrana impermeável e fixação com anéis O-rings. Fechamento da câmara cilíndrica e preenchimento com água desaerada.
3. Saturação e Confinamento: Aplicação de retro-pressão até alcançar o coeficiente de Skempton (1954), B ≥ 0,95. Em seguida, aplica-se a pressão confinante desejada (σ_3), permitindo ou restringindo o adensamento conforme a condição do ensaio (CD, CU ou UU).
4. Aplicação da Tensão Desviadora: Acionamento da prensa axial aplicando força incremental sobre a amostra. A tensão principal maior é dada por$\sigma 1 = \sigma 3 + \sigma d$. O ensaio prossegue até a ruptura manifesta ou deformação axial de 15% a 20%. O processo é repetido com no mínimo três corpos de prova sob diferentes pressões confinantes (σ_{3a}, σ_{3b}, σ_{3c}).

A partir das combinações de tensão principal maior (σ_1) e tensão principal menor (σ_3) registradas no momento de Ruptura de cada amostra, traça-se o diagrama de Mohr: Círculos de Mohr: Desenhados no plano de Tensão e cisalhamento com raio igual a$(\sigma 1 - \sigma 3) / 2$.

Envolvente de Ruptura: Reta tangente aos círculos de Mohr que fornece o ângulo de inclinação φ (ângulo de atrito interno) e a intersecção vertical c (coesão), representado no Quadro 1.

Quadro 1 - Representa os tipos de solo e suas características:

Tipo de Solo	Coesão Típica (c')	Ângulo de Atrito (φ)	Mecanismo Predominante
Areia Puramente Granular	0kPa	30º a 42º	Atrito intergranular e entrelaçamento físico dos grãos.
Argila Normal Adensada	0 – 10 kPa	18º a 28º	Comportamento friccional efetivo de longo prazo.
Argila Pré-Adensada / Solo Residual	15 – 50+ kPa	22º a 35º	Combinação de coesão estrutural (cimentação) e atrito interno.

Fonte: Fundamentos de Engenharia Geotécnica ou Mecânica dos Solos – Braja M. Das (2014).

Os parâmetros geomecânicos c e φ obtidos no ensaio triaxial alimentam os principais cálculos e dimensionamentos da Engenharia Civil: Estabilidade de Taludes e Encostas: Análise do fator de segurança em cortes rodoviários, aterros e encostas naturais contra escorregamento; Capacidade de Carga de Fundações: Cálculo da tensão admissível de sapatas, estacas e tubulões por meio das equações geotécnicas de Terzaghi (1996 e 1997); Dimensionamento de Estruturas de Contenção: Cálculo dos empuxos ativo e passivo exercidos pela massa de solo sobre muros de arrimo, cortinas de estacas e paredes diafragma e Barragens de Terra e Obras Hidráulicas:

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Verificação da estabilidade do maciço sob condições de rebaixamento rápido e fluxo contínuo de percolação.

3 MÉTODO

Conforme as informações presentes nas fontes, esta pesquisa caracteriza-se pela aplicação de métodos científicos para a determinação de parâmetros geomecânicos. A classificação a seguir baseia-se nas características intrínsecas da pesquisa descritas nos documentos e em padrões acadêmicos gerais de engenharia civil.

A pesquisa visa gerar conhecimentos para aplicação prática direta no dimensionamento de infraestruturas, como fundações, muros de arrimo e estabilidade de taludes. Trata-se de uma pesquisa Quantitativa, uma vez que utiliza modelos matemáticos (Critério de Mohr-Coulomb) e a coleta de dados numéricos precisos através de sensores de força e LVDTs para traduzir o comportamento do solo em parâmetros estatísticos e gráficos.

Pesquisa Bibliográfica: Fundamentada no estudo de autores clássicos da geotecnia como Terzaghi (1996 e 1997), Caputo (2015) e Das (2014). Pesquisa Experimental: Realizada em ambiente laboratorial controlado através de ensaios de Cisalhamento Direto e, prioritariamente, o Ensaio de Compressão Triaxial. O procedimento experimental para o ensaio triaxial segue rigorosamente as diretrizes das normas ABNT NBR 16801 e ASTM D4767. O método consiste em quatro etapas fundamentais: a preparação de corpos de prova cilíndricos; a montagem em câmara triaxial com membrana impermeável; a saturação e confinamento (aplicando pressão e verificando o coeficiente B de Skempton); e, por fim, a aplicação da tensão desviadora (σ) até a ruptura. A análise final é feita pela construção dos Círculos de Mohr e o traçado da envolvente de resistência para a extração dos valores de coesão (c) e ângulo de atrito (φ).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Exemplo prático hipotético: Para o projeto de um muro de contenção em um corte viário em solo residual, foram realizados 3 ensaios triaxiais do tipo Adensado Não Drenado com Medição de Poro-pressão (CU bar) para obtenção dos parâmetros efetivos c' e φ'.

Resultados de Tensões Efetivas na Ruptura

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Amostra 1: $\sigma'3 = 100\,\text{kPa} \mid \sigma'1 = 280\,\text{kPa}\ (\sigma'\text{d} = 180\,\text{kPa})$

Amostra 2: $\sigma'3 = 200\,\text{kPa} \mid \sigma'1 = 510\,\text{kPa}\ (\sigma'\text{d} = 310\,\text{kPa})$

Amostra 3: $\sigma'3 = 300\,\text{kPa} \mid \sigma'1 = 740\,\text{kPa}\ (\sigma'\text{d} = 440\,\text{kPa})$

Ajustando a relação:

$$\sigma'1 = \sigma'3 \cdot \tan 2(45° + \varphi'/2) + 2c' \cdot \tan(45° + \varphi'/2)$$

Através de regressão linear dos dados obtidos:

Ângulo de Atrito Efetivo (φ'): 23,2°

Coesão Efetiva (c'): 18,5 kPa

Com estes valores, o engenheiro calcula com precisão os coeficientes de empuxo de Rankine/Coulomb e estabelece a geometria otimizada do muro com Fator de Segurança FS ≥ 1,5.

Concluindo, o ensaio de compressão triaxial se consolida como o método mais representativo e refinado para a determinação da resistência ao cisalhamento dos solos. Ao reproduzir com fidelidade o estado de tensão confinante e possibilitar o controle criterioso da drenagem, o ensaio fornece parâmetros confiáveis de coesão (c) e ângulo de atrito (φ), permitindo o projeto seguro e econômico de obras de terra, fundações e estruturas de contenção

5 CONCLUSÃO

O estudo da resistência ao cisalhamento dos solos demonstra sua importância para a Engenharia Geotécnica, uma vez que essa propriedade está diretamente relacionada à estabilidade e à segurança de fundações, taludes, estruturas de contenção e demais obras de terra. A compreensão do comportamento do solo diante de diferentes estados de tensão permite prever possíveis condições de ruptura e estabelecer parâmetros adequados para o dimensionamento das estruturas.

A partir do Critério de Ruptura de Mohr-Coulomb, foi possível compreender a influência da coesão e do ângulo de atrito interno na resistência dos solos. Esses parâmetros representam, respectivamente, as forças de ligação entre as partículas e a resistência provocada pelo atrito e pelo entrelaçamento dos grãos. Também se verificou a importância das tensões efetivas e da poropressão, especialmente na comparação entre condições drenadas e não drenadas.

Os ensaios de cisalhamento direto e de compressão triaxial apresentam papel fundamental na determinação experimental desses parâmetros. O cisalhamento direto permite avaliar de maneira relativamente simples a relação entre tensão normal e

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

resistência ao cisalhamento, enquanto o ensaio triaxial possibilita uma análise mais completa do comportamento do solo, permitindo controlar as condições de confinamento, drenagem e pressão neutra. Por meio dos resultados obtidos em diferentes estados de tensão, a construção dos Círculos de Mohr e da envolvente de ruptura permite determinar os parâmetros necessários aos projetos geotécnicos.

Dessa forma, conclui-se que a determinação adequada da resistência ao cisalhamento é indispensável para representar de maneira confiável o comportamento dos solos em campo. A aplicação correta dos conceitos teóricos e dos ensaios laboratoriais contribui para prevenir rupturas, deslizamentos e problemas em fundações, além de evitar dimensionamentos excessivos. Assim, o conhecimento dos parâmetros geomecânicos proporcionam projetos mais seguros, eficientes e economicamente viáveis, reforçando a importância da Mecânica dos Solos para a Engenharia Civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR 16801: **Solo - Ensaio de compressão triaxial**. Rio de Janeiro: ABNT, 2020.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS (ASTM). ASTM D4767: **Standard Test Method for Consolidated Undrained Triaxial Compression Test for Cohesive Soils. West Conshohocken**: ASTM International, 2020.

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos Solos e suas Aplicações**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2015..

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 8. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2014.

HEAD, K. H. **Manual of Soil Laboratory Testing:** Volume 3: Effective Stress Tests. 3. ed. London: Whittles Publishing, 2014.

MACHADO. S.C.A., SILVA. B.F.M.J., OLIVEITA. M.F.L., FIGUEIREDO. **A.S.I.M. universidade federal do oeste da bahia ensaio de compressão triaxial**. Barreiras: UFOB, 2019.

PINTO, Carlos de Sousa. **Curso Básico de Mecânica dos Solos em 16 Aulas**. 3. ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2006.

SKEMPTON, A. W. **The Pore-Pressure Coefficients A and B. Géotechnique**, v. 4, n. 4, p. 143-147, 1954.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B.; MESRI, Gholamreza. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. 3ª Edição. New York: Wiley, 1996.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B. **Soil Mechanics in Engineering Practice**. 2. ed. New York: John Wiley & Sons, 1967.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

VALORES DE REFERÊNCIA HEMATOLÓGICOS E BIOQUÍMICOS EM CÃES GALGOS: UMA REVISÃO DA LITERATURA
HEMATOLOGICAL AND BIOCHEMICAL REFERENCE VALUES IN GREYHOUNDS: A LITERATURE REVIEW

Laura Knoll[1]
Thiago Adriano de Oliveira [2]
Juliana Bonfim da Silveira [3]

RESUMO: Os cães galgos possuem adaptações fisiológicas voltadas ao desempenho atlético que alteram seus parâmetros laboratoriais, desafiando a clínica veterinária. A aplicação de intervalos de referência genéricos pode gerar diagnósticos errôneos. Diante disso, este trabalho tem como objetivo auxiliar na identificação de diferenças nos exames hematológicos e bioquímicos dessa raça, correlacionando-as com suas particularidades anatômicas e metabólicas. Hematologicamente, a raça apresenta eritrocitose fisiológica e contagens de leucócitos e plaquetas no limite inferior. Bioquimicamente, a alta massa muscular eleva a creatinina sérica sem indicar lesão renal, e os níveis de T4 total são naturalmente baixos.

Palavras-chave: Intervalos de referência; Galgos; Greyhound; anamnese.

ABSTRACT: Greyhounds possess physiological adaptations geared toward athletic performance that alter their laboratory parameters, challenging veterinary clinics. The application of generic reference intervals can lead to misdiagnoses. Therefore, this study aims to assist in identifying variations in the hematological and biochemical profiles of this breed, correlating them with their anatomical and metabolic specificities. Hematologically, the breed exhibits physiological erythrocytosis alongside leukocyte and platelet counts near the lower reference limit. Biochemically, high muscle mass elevates serum creatinine levels without indicating renal injury, and total T4 levels are naturally low.

Key-words: Reference intervals; Sighthounds; Greyhound; anamnese.

1 INTRODUÇÃO

O grupo dos galgos, compreende raças que compartilham uma história milenar e adaptações biológicas voltadas para o desempenho atlético. Com raízes que remontam ao Oriente Médio antigo, há registros desses animais em tumbas do Egito de 4000 a.C., tendo sido posteriormente levados para a Europa, onde o padrão atual da raça Greyhound foi consolidado na Inglaterra (VAUGHAN, 2018).

A interpretação de exames laboratoriais nessa raça representa um desafio na rotina veterinária, visto que esses animais possuem intervalos de referência para diversos componentes que divergem dos padrões estabelecidos para outras raças

[1] Acadêmica do 3° período do curso de Medicina Veterinária na UGV - Centro Universitário; E-mail: vet-lauraknoll@ugv.edu.br
[2] Acadêmico do 3° período do curso de Medicina Veterinária na UGV - Centro Universitário; E-mail: vet-thiagoadrianodeoliveira@ugv.edu.br
[3] Mestre, Professora do colegiado de Medicina Veterinária na UGV - Centro Universitário; E-mail: prof_julianasilveira@ugv.edu.br

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

caninas. Tais particularidades são consequências diretas de suas adaptações fisiológicas para o esforço físico (COUTO *et al.*, 2011).

A utilização de parâmetros genéricos durante a análise clínica pode induzir a interpretações errôneas, resultando em diagnósticos equivocados de patologias inexistentes ou na falha em identificar doenças reais (SHIEL *et al.*, 2007).

As variações hematológicas e bioquímicas são notáveis, incluindo uma massa de glóbulos vermelhos mais elevada e contagens de glóbulos brancos e plaquetas geralmente localizadas no limite inferior da normalidade canina. Além disso, a significativa massa muscular dos galgos influencia diretamente na mensuração da creatinina sérica, apresentando valores superiores aos de outros cães sem que isso indique, necessariamente, uma disfunção renal (VAUGHAN, 2018).

Diante dessa individualidade biológica, a adequada identificação da raça no laudo e uma anamnese detalhada tornam-se ferramentas fundamentais para o diagnóstico preciso. O conhecimento dessas peculiaridades permite que o clínico interprete os resultados laboratoriais de forma segura, evitando intervenções iatrogênicas e garantindo uma abordagem terapêutica e farmacológica apropriada às necessidades específicas desse paciente (VAUGHAN, 2018).

2 A DIVERSIDADE E AS PARTICULARIDADES DAS RAÇAS DE GALGOS

Segundo Vaugh (2018), o grupo dos galgos, abrange diversas raças que compartilham uma história e adaptações biológicas voltadas para o desempenho atlético. O Galgo é citado como uma das raças mais antigas e únicas. Embora compartilhem muitas semelhanças fisiológicas, essas raças apresentam diversidades funcionais e biológicas importantes.

O galgo é a raça pura mais antiga do mundo, com origens que remontam a 8.000 anos e um passado de extrema nobreza, tendo sido reverenciado como deus no Egito e protegido por monarcas e sacerdotes ao longo da história. Atualmente, esses animais, cujo nome não faz referência à sua grande variedade de cores, são cães de estimação admirados (JAYDE, 2022).

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 1 – Raças de Galgos



Fonte: Os autores, 2026.

Na Figura 1, observa-se a representação das diversas vertentes e raças que compõem o grupo dos galgos, tais como o Galgo Inglês (*Greyhound*), Galgo Espanhol, Whippet, Saluki, entre outros. Apesar das variações de pelagem e porte físico evidentes na imagem que vão desde o pelo longo do Galgo Afegão e Borzoi até a estrutura do Galgo Irlandês, todas essas raças compartilham a mesma ancestralidade voltada à velocidade e à caça por visão (GRANDJEAN; HAYMANN, 2023).

Essa herança funcional reflete-se na conformação anatômica padronizada visível na imagem: o formato aerodinâmico do corpo, o peito profundamente arqueado e a musculatura magra e definida. É justamente essa uniformidade na seleção genética para o desempenho atlético que justifica a extensão do perfil biológico e das variações laboratoriais a toda a família de galgos (GRANDJEAN; HAYMANN, 2023).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3 O DESAFIO DO DIAGNÓSTICO LABORATORIAL NA RAÇA GALGO

A interpretação de exames laboratoriais na raça Galgo (Greyhound) representa um desafio para o clínico veterinário, uma vez que esses animais possuem intervalos de referência para diversos componentes que diferem drasticamente de outras raças caninas. Tais particularidades são decorrentes de adaptações fisiológicas desenvolvidas para o desempenho atlético de alta velocidade (ZALDÍVAR-LÓPEZ, S. et al., 2011).

Couto et al. (2011) aponta que a utilização de parâmetros genéricos pode levar a interpretações errôneas, resultando em diagnósticos equivocados de patologias inexistentes ou na falha em identificar doenças reais.

3.1 FISIOLOGIA APLICADA E PARTICULARIDADES HEMATOLÓGICAS

Os perfis hematológicos dos Galgos apresentam variações notáveis, caracterizadas principalmente por uma massa de glóbulos vermelhos mais elevada. Observa-se que, a partir dos 9 a 10 meses de idade, esses cães já apresentam hematócrito, concentração de hemoglobina e contagem de eritrócitos superiores aos intervalos de referência caninos padrão, independentemente do treinamento físico (SHIEL, R. E. et al., 2009).

Essa eritrocitose fisiológica é acompanhada por uma maior afinidade da hemoglobina pelo oxigênio, o que pode ser uma resposta compensatória às suas características atléticas (COUTO, C. G. et al., 2011).

Em contrapartida, os Galgos tendem a apresentar contagens de glóbulos brancos, neutrófilos e plaquetas localizadas no limite inferior ou abaixo do intervalo de referência para a espécie canina (ZALDÍVAR-LÓPEZ, S. et al., 2011). Essas diferenças hematológicas, descritas em Greyhounds, Galgos Espanhóis, Whippets e Salukis, são consideradas peculiaridades da raça e não indicativos de processos patológicos quando presentes em indivíduos saudáveis (COUTO, C. G. et al., 2011).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Tabela 1 – Comparativo das referências em Hemogama

Parâmetro	Unidade	Galgos em geral	Galgo Espanhol
Hemácias (RBC)	M/µL	7,04 – 9,73	7,4 – 8,2
Hematócrito (HCT)	%	52,0 – 68,4	50,0 – 55,0
Hemoglobina (HGB)	g/dL	16,9 – 23,1	17,6 – 19,2
VCM (MCV)	fL	67 – 80	66,7 – 69,0
Leucócitos (WBC)	K/µL	3,6 – 8,6	7,4 – 9,3
Neutrófilos	K/µL	2,14 – 6,52	1,9 – 2,6
Plaquetas	K/µL	97 – 232	170 – 231

Fonte: Vaughan, G. (2018).

A Tabela 1, baseada nos dados de Vaughan (2018), estabelece um comparativo prático entre os intervalos de referência hematológicos para "Galgos em geral" e as especificidades do Galgo Espanhol, evidenciando as adaptações da série vermelha e branca descritas na literatura.

No que tange à série vermelha, observa-se a manifestação da eritrocitose fisiológica adaptativa da raça. Para os galgos em geral, a contagem de hemácias (RBC) atinge valores de 7,04 a 9,73 M/µL, acompanhada por um hematócrito (HCT) que pode chegar a até 68,4% e níveis de hemoglobina (HGB) de 16,9 a 23,1 g/dL. Quando transpostos para a clínica de caninos convencionais, esses limiares seriam facilmente confundidos com quadros de desidratação severa ou policitemia absoluta.

Nota-se que o Galgo Espanhol exibe uma amplitude discretamente mais estreita e homogênea (HCT de 50,0% a 55,0%), porém ainda deslocada para o limite superior quando comparada a cães de raças não atléticas. Além disso, o Volume Corpuscular Médio (VCM) demonstra macrocitose discreta no grupo geral (67 a 80 fL), enquanto o Galgo Espanhol concentra-se em células ligeiramente menores (66,7 a 69,0 fL).

Em contrapartida, as séries brancas (leucograma) e plaquetária (trombograma) operam em patamares visivelmente limítrofes ou reduzidos. A contagem global de leucócitos (WBC) para os galgos em geral demonstra uma faixa de 3,6 a 8,6 K/µL, indicando que uma contagem considerada discretamente leucopênica para outros cães é perfeitamente normal e saudável para essa população. Curiosamente, o Galgo Espanhol destoa ligeiramente dessa tendência geral, exibindo um intervalo leucocitário mais elevado (7,4 a 9,3 K/µL).

Por fim, o perfil plaquetário corrobora o desafio diagnóstico na rotina veterinária. A amplitude geral para galgos inicia-se em 97 K/µL, estendendo-se até 232 K/µL. Esse limite inferior abaixo de 100 K/µL mimetiza uma trombocitopenia clínica que, na

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

ausência de identificação precisa da raça e avaliação biológica do paciente, induziria a investigações iatrogênicas desnecessárias para hemoparasitoses ou doenças imunomediadas.

3.2 ANÁLISE BIOQUÍMICA E METABÓLICA

3.2.1 Influência da massa muscular na mensuração da creatinina

Uma das diferenças bioquímicas notável nos galgos é a concentração sérica de creatinina, que é significativamente mais alta do que em outras raças. Esse aumento está diretamente relacionado à grande massa muscular esquelética desses animais, que é a fonte primária de creatinina no organismo. Por conta disso, valores que seriam considerados indicativos de disfunção renal em outros cães podem ser perfeitamente normais para um galgo saudável (ZALDÍVAR-LÓPEZ, S. ET AL., 2011).

Tabela 2 – Bioquímica clínica Galgo

Parâmetro	Unidade	Intervalo de Referência	Nota Fisiológica
Creatinina	mg/dL	**1,2 – 2,1**	Elevada pela massa muscular
IDEXX SDMA	µg/dL	**0 – 20**	Limite superior maior que outras raças
Ureia (BUN)	mg/dL	13 – 29	Níveis normais ou levemente superiores
Proteína Total	g/dL	**5,2 – 6,8**	Frequentemente mais baixa
Albumina	g/dL	2,7 – 3,9	-
Globulina	g/dL	2,2 – 3,5	-
ALT	U/L	24 – 97	Pode ser maior pela massa muscular
Fósforo	mg/dL	2,3 – 5,1	-
Cálcio	mg/dL	9,3 – 10,5	-
Potássio	mmol/L	3,8 – 4,7	-
Sódio	mmol/L	139 – 149	

Fonte: Zaldívar-López, s. et al. (2011).

A Tabela 2, "Bioquímica clínica Galgo", detalha os intervalos de referência específicos e traz notas fisiológicas para a adequada interpretação do perfil bioquímico sérico dessa raça, mitigando o risco de falsos diagnósticos positivos para nefropatias ou hepatopatias.

O principal ponto de atenção na avaliação renal desses animais reside nos biomarcadores de taxa de filtração glomerular. A creatinina sérica apresenta um intervalo de referência deslocado para cima, situando-se entre 1,2 e 2,1 mg/dL.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Conforme apontado na nota fisiológica, essa elevação decorre diretamente da massa muscular esquelética dos galgos. Em cães convencionais, valores próximos a 2,1 mg/dL seriam classificados como azotemia. No entanto, para um galgo, esse índice reflete apenas o seu metabolismo basal e muscular normal.

Essa diferença é complementada pelo biomarcador IDEXX SDMA, que exibe um intervalo de 0 a 20 µg/dL. O fato de o limite superior ser maior do que o de outras raças caninas reforça que os parâmetros de triagem renal precoce precisam ser flexibilizados. Corroborando esse perfil, a ureia (BUN) mantém-se entre 13 e 29 mg/dL, classificada como normal ou levemente superior devido a essas mesmas características metabólicas.

No que tange às proteínas séricas, a Proteína Total demonstra uma faixa de 5,2 a 6,8 g/dL, sendo descrita como frequentemente baixa quando comparada a outros caninos. Esse decréscimo ocorre às custas de variações homeostáticas da raça, mantendo a albumina entre 2,7 e 3,9 g/dL e a globulina entre 2,2 e 3,5 g/dL.

Na avaliação do perfil enzimático hepático, a alanina aminotransferase (ALT) possui um intervalo de 24 a 97 U/L. A nota fisiológica adverte que essa enzima pode se apresentar mais elevada nessa raça devido, novamente, à grande massa muscular, uma vez que a ALT também possui atividade residual no tecido esquelético e pode sofrer discretos incrementos após a realização de exercícios ou atividades físicas intensas.

Os eletrólitos avaliados: Fósforo (2,3 – 5,1 mg/dL), Cálcio (9,3 – 10,5 mg/dL), Potássio (3,8 – 4,7 mmol/L) e Sódio (139 – 149 mmol/L), mantêm-se dentro de amplitudes estáveis e fisiologicamente esperadas, servindo como base de estabilidade eletrolítica essencial para o suporte cardiovascular e muscular exigido pelo biotipo do animal.

3.2.2 Avaliação da função renal e o risco de iatrogenia

Embora a creatinina seja elevada, a taxa de filtração glomerular nos Galgos também é superior à de outras raças. O risco de iatrogenia surge quando o clínico, desconhecendo essas particularidades, diagnostica erroneamente uma insuficiência renal crônica precoce e prescreve dietas restritivas ou tratamentos desnecessários que podem comprometer a saúde do animal. Portanto, a avaliação da função renal deve ser feita com cautela, preferencialmente utilizando intervalos de referência específicos para a raça (COUTO, C. G. et al., 2011).

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

3.2.3 Desafios na endocrinologia e farmacologia clínica

Na endocrinologia, destaca-se que os Galgos possuem concentrações séricas de T4 (tiroxina) total significativamente mais baixas do que a maioria dos cães, o que frequentemente leva ao diagnóstico incorreto de hipotireoidismo (ZALDÍVAR-LÓPEZ, S. et al., 2011).

Tabela 3 – Endocrinologia e Hemostasia

Parâmetro	Unidade	Intervalo de Referência
T4 Total	µg/dL	**0,5 – 1,7**
fT4 (Livre)	pmol/L	0 – 23,5
cTSH	ng/mL	0 – 0,64
OSPT (Protrombina)	segundos	6,2 – 7,6
aPTT (TTP Ativado)	segundos	11,2 – 18,1
Fibrinogênio	mg/dL	83 – 190

Fonte: Zaldívar-López, s. et al. (2011).

A Tabela 3, fundamentada nos dados de Zaldívar-López et al. (2011), aborda dois eixos críticos na clínica de galgos: o eixo tireoidiano e os parâmetros de coagulação. Os intervalos expostos reforçam como a fisiologia única desses animais pode mimetizar estados patológicos se interpretada sob valores de referência caninos tradicionais.

No bloco dedicado à endocrinologia, o hormônio T4 Total apresenta um intervalo de referência baixo, estabelecido entre 0,5 e 1,7 µg/dL. Em cães de outras raças, valores inferiores a 1,5 µg/dL frequentemente levantam a suspeita de hipotireoidismo primário. Nos galgos, essa concentração basal reduzida é uma característica intrínseca e eutiroidiana. Essa tendência se estende ao fT4 (Livre), com uma variação de 0 a 23,5 pmol/L, e ao cTSH, que flutua entre 0 e 0,64 ng/mL. A manutenção do TSH dentro da normalidade, mesmo diante de um T4 total basilar baixo, é o principal fator que descarta a disfunção tireoidiana, poupando o animal de terapias de reposição hormonal desnecessárias e potencialmente prejudiciais.

No que tange à hemostasia, os tempos de coagulação e os níveis de proteínas de fase aguda diferem sutilmente do padrão de caninos não atléticos, refletindo a dinâmica hemodinâmica adaptativa da raça. O Tempo de Protrombina (OSPT) possui um intervalo de 6,2 a 7,6 segundos, enquanto o Tempo de Tromboplastina Parcial Ativada (aPTT) situa-se entre 11,2 e 18,1 segundos. Esses valores delimitam a janela de normalidade para as vias intrínseca, extrínseca e comum da cascata de coagulação.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

O Fibrinogênio sérico é mensurado na faixa de 83 a 190 mg/dL. Por ser uma proteína essencial tanto na formação do coágulo quanto na resposta inflamatória, o conhecimento desse intervalo basal específico para galgos, frequentemente deslocado para patamares mais discretos quando comparado a raças convencionais, é indispensável para a triagem pré-operatória, permitindo que o clínico preveja e gerencie os riscos de sangramentos mencionados na rotina anestésica sem alarmismos diagnósticos.

No campo da farmacologia, a raça apresenta uma sensibilidade a certos agentes anestésicos, especialmente os barbitúricos. Como esses fármacos são redistribuídos para o tecido adiposo para serem eliminados da corrente sanguínea e os Galgos possuem um percentual de gordura corporal extremamente baixos, a recuperação anestésica pode ser perigosamente prolongada (VAUGHAN, G., 2018).

Atualmente, o uso de protocolos com propofol ou medetomidina é considerado mais seguro. Além disso, embora raro, a raça possui predisposição à hipertermia maligna durante a anestesia e a episódios de sangramento pós-operatório excessivo (COUTO, C. G. et al., 2011).

4 A IMPORTÂNCIA DA ANAMNESE E IDENTIFICAÇÃO DA RAÇA NO LAUDO

A identificação ideal da raça e uma anamnese detalhada são etapas fundamentais para o diagnóstico preciso. O clínico e o patologista devem estar cientes de que o Galgo é um paciente com padrões diferentes, cujas adaptações para o exercício de alta intensidade moldaram uma fisiologia distinta (COUTO, C. G. et al., 2011).

Segundo Vaughan (2018), o conhecimento da individualidade biológica do Galgo permite que o clínico diferencie achados como a creatinina alta ou a baixa contagem de plaquetas de doenças renais ou infecciosas reais. Além disso, a correta identificação auxilia na escolha de protocolos farmacológicos e anestésicos mais seguros, dada a sensibilidade peculiar da raça a certas substâncias. Portanto, a especificação da raça no laudo assegura que a análise laboratorial seja uma ferramenta de diagnóstico precisa, respeitando as peculiaridades biológicas do animal.

A inclusão da identificação da raça nos pedidos de exames e nos laudos laboratoriais permite que os resultados sejam interpretados sob a ótica da

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

individualidade biológica desses animais, evitando intervenções médicas equivocadas e garantindo uma abordagem clínica mais segura e eficiente (VAUGHAN, G., 2018).

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

As adaptações fisiológicas da raça Galgo, moldadas por sua história milenar e vocação atlética, estabelecem um perfil biológico único que desafia os padrões convencionais da clínica veterinária. A compreensão de que esses animais apresentam naturalmente uma elevada massa de glóbulos vermelhos e contagens reduzidas de leucócitos e plaquetas é crucial para que tais achados não sejam interpretados erroneamente como processos patológicos.

O estudo evidencia que a mensuração da creatinina e a avaliação da função tireoidiana são pontos críticos de possível erro diagnóstico; enquanto a alta massa muscular eleva os níveis de creatinina sem indicar necessariamente falha renal, as baixas concentrações de T4 total podem levar a diagnósticos equivocados de hipotireoidismo. Além das variações laboratoriais, a sensibilidade farmacológica decorrente do baixo percentual de gordura corporal exige que o clínico adote protocolos anestésicos específicos e seguros para evitar recuperações prolongadas ou riscos de hipertermia e sangramentos.

Conclui-se, portanto, que a identificação precisa da raça e uma anamnese criteriosa nos laudos laboratoriais deixam de ser meras formalidades para tornarem-se ferramentas essenciais de segurança clínica. Tratar o Galgo como um "paciente único" permite que o médico veterinário e o patologista interpretem os dados sob a ótica da individualidade biológica, prevenindo condutas iatrogênicas e garantindo uma abordagem terapêutica eficiente e direcionada.

REFERÊNCIAS

BARKER, E. N. *et al*. Hematologic and serum biochemical reference intervals in Whippets. **Veterinary Clinical Pathology**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 426-431, dez. 2011. DOI: 10.1111/j.1939-165X.2011.00362.x. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22092704/. Acesso em: 7 jun. 2026.

COUTO, C. G. *et al*. Hematología del Galgo Español utilizando el analizador hematológico LaserCyte (IDEXX). **Clínica Veterinaria de Pequeños Animales**, Barcelona, v. 31, n. 4, p. 205-207, 2011. Disponível em: https://ddd.uab.cat/pub/clivetpeqani/clivetpeqani_a2011v31n4/clivetpeqaniv31n4p205.pdf. Acesso em: 7 jun. 2026.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

GRANDJEAN, Dominique; HAYMANN, Franck. **Enciclopédia o Cão**. Tradução de Fabiana Buassaly Leistner. [Aimargues]: Royal Canin SAS, 2023.

JAYDE, Charlie. *The history of the greyhound*: then to now. Greyhounds As Pets, 2 set. 2022. Disponível em: https://gapsa.org.au/blog/the-history-of-the-greyhound-then-to-now/. Acesso em: 15 jun. 2026.

SHIEL, R. E. *et al*. Erythrocytosis, leukopenia, and thrombocytopenia in Greyhound racing dogs. **Journal of Veterinary Internal Medicine**, [s. l.], v. 21, n. 4, p. 861-863, jul./ago. 2007. DOI: 10.1111/j.1939-1676.2007.tb03018.x. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/17806076/. Acesso em: 7 jun. 2026.

VAUGHAN, G. Greyhounds: A Breed Apart. **Harbour Cities Veterinary Hospital**, [s. l.], abr. 2018. Disponível em: https://www.harbourcitiesvet.ca/resources/blog/april-2018/greyhounds-a-breed-apart. Acesso em: 7 jun. 2026.

ZALDÍVAR-LÓPEZ, S. *et al*. Clinical pathology of Greyhounds and other sighthounds. **Veterinary Clinical Pathology**, [s. l.], v. 40, n. 4, p. 414-425, Dec. 2011. Disponível em: https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/22092909/. Acesso em: 7 jun. 2026.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

PARÂMETROS PARA UM ENSAIO DE PERCOLAÇÃO DE SOLO

Felipe Henrique Przybysz[1]
João Paulo Pustelnik Barth[2]
Kleber Smychniuk[3]
Vanessa Estriser[4]

RESUMO: Neste artigo foi abordado o processo de realização para um ensaio de percolação de solo, utilizado para o dimensionamento de fossas e sumidouros, onde foram apresentados, o método para fazer o ensaio, seus possíveis problemas durante a pesquisa, e como a má execução dele, ou até mesmo a ausência do mesmo pode influenciar nos resultados obtidos na hora da execução. Também foi apresentado seus objetivos, que são excepcionais para garantir a preservação e evitar contaminações do solo junto à água onde os resíduos serão armazenados. Concluindo, foi mostrado o passo a passo com os devidos instrumentos necessários, resultados obtidos através de um ensaio já realizado e os cálculos que são utilizados para conclusão de estudo.

Palavras-Chave: Ensaio, Percolação, Solo.

ABSTRACT: This article addressed the procedure for performing a soil percolation test, used for the sizing of septic tanks and soakaways, where the method for conducting the test, its potential problems during the investigation, and how poor execution or even the absence of the test can influence the results obtained during implementation were presented. Its objectives were also outlined, which are essential to ensure preservation and prevent contamination of the soil and water where the waste will be stored. In conclusion, a step-by-step procedure with the necessary instruments, results obtained from a previously conducted test, and the calculations used for the study's conclusions were demonstrated.

Keywords: Test, Percolation, Soil.

1 INTRODUÇÃO

O solo possui complexas propriedades e demonstra um papel importante nas obras de construção civil, pode-se abordar uma dessas propriedades, a capacidade do solo de absorver fluidos, na maioria dos casos água. Entender e determinar a taxa com que esse fluido atravessa os poros do solo, dita o comportamento dele e estabelece os limites de manipulação, verificando se ele está apto a receber a edificação, ainda também a fim de evitar problemas futuros e contaminações ambientais. O ensaio de percolação é uma ferramenta de engenharia que surge para mensurar quantitativamente o rebaixamento da água no solo ao longo do tempo. Historicamente, a negligência ou a execução inadequada das propriedades do solo acarretam sérios impactos econômicos e ambientais. Por exemplo na engenharia civil,

[1] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[2] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[3] Graduando em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário.
[4] Graduada em Engenharia Civil pela UGV Centro Universitário, Especialista em Estruturas de Concreto e Fundações pela EB-PÓS, Graduada em Design de Interiores pela faculdade Censupeg. Professora pela UGV Centro Universitário.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

o ensaio de percolação permite o dimensionamento de fossas e sumidouros, prevenindo o empoçamento de esgoto na superfície e a contaminação dos lençóis freáticos.

No Brasil, o ensaio é regulamentado por diretrizes técnicas que estabelecem os critérios para a execução do teste e os cálculos, porém no dia a dia, nota-se a negligência ou o procedimento mal executado, feito fora de norma, e com leituras e interpretações imprecisas, além do fator custo, que faz com que muitas obras o ensaio nem seja realizado. Nesse Artigo será abordado de maneira técnica, como o ensaio de percolação é realizado de maneira normativa torna-se indispensável a inúmeros projetos de engenharia, e detalhando de acordo com as diretrizes técnicas corretas a sua execução, métodos, parâmetros, e aplicando os resultados obtidos nas obras de construção civil, discutindo sua importância no planejamento, e demonstrando sua importância na engenharia civil.

1.1 JUSTIFICATIVA

A realização adequada do ensaio de percolação possui grande relevância ambiental e econômica. Como aponta DAS (2019):

> “Tal estudo é necessário para estimar a quantidade de fluxo subterrâneo, sob diversas condições hidráulicas, a fim de investigar problemas envolvidos no bombeamento de água em construções subterrâneas e realizar análises de estabilidade de barragens e estruturas de contenção de maciços sujeitos a forças de percolação." (DAS, 2019, p. 177).

Na saúde pública e meio ambiente, a correta determinação da taxa de infiltração do solo permite a determinação correta de fossas sépticas e sistemas sanitários prevenindo o surgimento de doenças e a contaminação de lençóis freáticos. No ponto de vista econômico e da construção civil, a aplicação do ensaio evita o dimensionamento incorreto de edificações e saneamento, garantindo a segurança estrutural das edificações, a viabilidade financeira e a sustentabilidade dos projetos de engenharia.

1.1.1 Problema de pesquisa

Localmente, o ensaio de percolação é datado de diretrizes e normas técnicas que estabelecem os critérios para sua execução e cálculo. No entanto, observa-se em parte das construções, a negligência ou a execução inadequada do ensaio, realizado fora do padrão normativo ou leituras imprecisas. Diante disso, surge a necessidade

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

de uma investigação do porquê a execução rigorosa do ensaio de percolação, em conformidade com as diretrizes, assegura a eficiência técnica, ambiental e a viabilidade econômica em projetos da engenharia civil.

1.2 OBJETIVOS

1.2.1 Objetivo geral

Detalhar a importância do ensaio de percolação na engenharia civil, descrevendo suas etapas executivas, parâmetros, pontos chave, e a relevância de sua correta aplicação no planejamento de obras e saneamento.

1.2.2 Objetivos Específicos

Descrever o procedimento de acordo com as normas de execução do ensaio de percolação, identificando os métodos, equipamentos e parâmetros envolvidos, também expor as principais falhas e negligências ocorridas na execução prática do ensaio e demonstrar como a não observância das normas impacta a precisão dos resultados. Além disso, deve-se demonstrar a aplicação dos dados obtidos no ensaio para o dimensionamento de sistemas de saneamento, como fossas sépticas por exemplo, destacando sua importância na prevenção de contaminações ambientais e falhas operacionais.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O solo é um meio poroso composto por partículas sólidas, ar e água. A facilidade com que um fluido atravessa os poros de um solo é denominada permeabilidade (DAS, 2019). Solos com grãos maiores, como as areias, possuem poros grandes e conectados, o que faz a água passar rapidamente (alta permeabilidade). Segundo Braja “Os solos são permeáveis devido à existência de espaços vazios interconectados, através dos quais a água consegue fluir de pontos de alta energia para pontos de baixa energia” (DAS 2019, p. 177).

“O maciço de solo através dos canalículos, que se formam entre suas partículas, permite a passagem da água. Essa propriedade, chamada de permeabilidade, é típica de corpos particulados.” (MURRIETA 2014, p. 200). A taxa de percolação do solo é influenciada diretamente pela sua granulometria, índice de vazios, estrutura geométrica dos poros e grau de saturação inicial. Solos arenosos, por apresentarem vazios maiores e interconectados, possuem elevada

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

permeabilidade. Já solos argilosos possuem poros menores, resultando em baixas taxas de infiltração e maior retenção do fluido (CAPUTO, 2022); (DAS, 2019).

2.1 O ENSAIO DE PERCOLAÇÃO DE ACORDO COM AS NORMAS

O ensaio de percolação é o procedimento de campo utilizado para determinar a capacidade de absorção de água de um determinado tipo de solo ao longo do tempo. No Brasil, o ensaio é normatizado principalmente pela NBR 17076 (ABNT, 2024) Que orienta sobre o tratamento de efluentes e a disposição final no solo (sumidouros e valas de infiltração).

Segundo a norma o ensaio consiste em escavar um buraco na profundidade desejada, molhar o solo com antecedência, causando uma pré-saturação do solo e medir quanto tempo a água leva para rebaixar no furo. Com isso, obtém-se a taxa de percolação do terreno.

2.2 DIMENSIONAMENTO DE SISTEMAS DE SANEAMENTO DESCENTRALIZADO

Em locais não atendidos por redes públicas de coleta de esgoto, o saneamento individual, composto por fossas sépticas torna-se a solução técnica e econômica mais viável (JORDÃO; PESSOA, 2011). O correto dimensionamento dessas unidades depende diretamente do valor obtido no ensaio de percolação:

Subdimensionamento: Se a taxa de percolação adotada for maior do que a capacidade real do solo, a área de infiltração construída será insuficiente, ocasionando o empoçamento do esgoto na superfície, mau cheiro e proliferação de vetores de doenças (ABNT, 2024; JORDÃO; PESSOA, 2011).

Superdimensionamento: Se a taxa for subestimada, haverá um encarecimento desnecessário da obra e ocupação excessiva do terreno.

Contaminação Ambiental: Solos excessivamente permeáveis (como areias grossas ou cascalhos) requerem atenção quanto à distância do lençol freático, pois o efluente pode percolar rapidamente sem o devido tratamento biológico pelo solo, contaminando aquíferos subterrâneos (JORDÃO; PESSOA, 2011).

2.3 FALHAS PRÁTICAS E NEGLIGÊNCIA EXECUTIVA

Apesar da existência de normas consolidadas, a literatura técnica aponta que o ensaio de percolação é frequentemente negligenciado ou executado de forma incorreta na prática da construção civil. As falhas mais comuns incluem: a ausência

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

da etapa de pré-saturação do solo, o preenchimento inadequado do fundo da cava com brita causando erosão ou impermeabilização do furo, além da realização do teste em profundidade divergente daquela onde o efluente será lançado (ABNT, 2024). A execução do ensaio em acordo às normas vigentes é indispensável para a segurança sanitária e durabilidade das obras de terra e saneamento.

2.4 EXECUÇÃO NORMATIVA DO ENSAIO DE PERCOLAÇÃO SEGUNDO A ABNT NBR 17076:2024

2.4.1 Instrumentos necessários:

Instrumentos necessários para realização do ensaio segundo a norma: Relógio, cronômetro, régua, trado com diâmetro de 150mm, dispositivo para medição do nível de água na cava e água em abundância.

2.4.2 Passos para a realização do ensaio NBR 17076:2024:

O ensaio de percolação deve ser feito em no mínimo 3 pontos, distribuídos de modo a cobrir áreas aproximadamente iguais no local indicado para o campo de infiltração. Com o trado com diâmetro de 150 mm (15 cm), escava-se uma cava vertical de modo com que o fundo da cava esteja no mesmo nível previsto para o fundo da vala em relação ao nível máximo do aquíferos local (cerca de 1,50 m) e cota de saída do efluente do sistema de tratamento.

Após a cava pronta, retira-se o material solto do fundo, e deve cobrir com uma camada de brita de aproximadamente 0,05 m (5 cm). Depois encher a cava com água até a profundidade de 0,30m (30 cm) do fundo e manter esta altura durante pelo menos 4 horas, completando com água na medida em que desce o nível. Este período deve ser prolongado para 12 horas ou mais se o solo for argiloso, esta constitui uma etapa preliminar para saturação do solo. Se toda a água inicialmente colocada infiltrar no solo dentro de 10 min, pode-se começar o ensaio imediatamente, exceto para solo arenoso o ensaio de percolação não deve ser feito 30 horas após o início da etapa de saturação do solo.

Para determinar a taxa de percolação deve ser feito como a seguir: Colocar 0,15 m (15 cm) de água na cava acima da brita, cuidando para que durante todo o ensaio, não seja permitido que o nível da água supere 0,15 m (15 cm); imediatamente após o enchimento, determinar o abaixamento do nível de água na cava a cada 30

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

minutos (queda do nível) e, após cada determinação, colocar mais água para retornar ao nível de 0,15 m (15 cm);

O ensaio deve prosseguir até que se obtenha diferença de rebaixamento dos níveis entre as duas determinações sucessivas inferiores a 0,015 m (1,5 cm), em pelo menos três medições necessariamente; no solo arenoso, quando a água colocada se infiltra no período inferior a 30 min, o intervalo entre as leituras deve ser reduzido para 10 min, durante 1 h; assim sendo, nesse caso, o valor da queda a ser utilizado é aquele da última leitura, para calcular a taxa de percolação para cada cava escavada, a partir dos valores apurados, dividindo-se o intervalo de tempo entre determinações pelo rebaixamento lido na última determinação.

3 METODOLOGIA

O método científico adotado é o hipotético-dedutivo. A investigação inicia-se pela descrição de um problema comum na engenharia civil, a partir do qual é feita consulta de referencial teórico necessário, em seguida explicação de como realizar normativamente o ensaio a fim de evitar consequências, usando como exemplo um ensaio hipotético. Foi abordado nesse artigo a pesquisa Bibliográfica com Levantamento e análise de livros, artigos científicos e manuais acadêmicos de engenharia, e, também a pesquisa documental incluindo análise de documentos normativos da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT).

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 APLICAÇÃO HIPOTÉTICA DO ENSAIO DE PERCOLAÇÃO

Para o cenário simulado, considerou-se um terreno residencial destinado à implantação de um sistema de fossa séptica. Foram perfuradas 3 cavas de ensaio apresentadas nas tabelas a seguir, todas com 150 mm de diâmetro e profundidade de 1,50 m, distribuídas na área do campo de infiltração, conforme a Figura 01.

INNOVATIO
REVISTA DE TECNOLOGIA E CIÊNCIAS DA TERRA
ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 01: Cava para o ensaio.



Fonte: Geositu (2026).

Logo após a perfuração, todas as cavas receberam uma camada de 5 cm de brita no fundo e foram saturadas por 12 horas antes das medições como ilustra a Figura 02.

Figura 02: Saturação da cava.



Fonte: Geositu (2026).

Passadas as 12 horas, adotamos o intervalo de leitura de 30 minutos, seguindo norma, e repondo o nível de água a 15 cm acima da brita após cada leitura. A medição foi encerrada ao obter-se variação do rebaixamento 1,5 cm entre três leituras consecutivas, como mostra a Figura 03.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Figura 03: Exemplo de medição:



Fonte: Mapear Geologia (2023).

Após a medição e anotação de resultados, é feita uma tabela para organizar os dados retirados do ensaio, como mostrada na Figura 04.

Figura 04: Tabela de coleta de dados

Ensaio Hipotetico				
Tempo (Min)	Cava 1 (Cm)	Cava 2 (Cm)	Cava 3 (Cm)	Condição de Estabilização
0 – 30	4,5	5,0	4,2	Em estabilização
30 – 60	3,5	3,8	3,2	Em estabilização
60 – 90	2,8	3,0	2,5	Em estabilização
90 – 120	2,5	2,8	2,2	Leitura 1 de estabilização
120 – 150	2,5	2,8	2,2	Leitura 2 de estabilização
150 – 180	2,5	2,8	2,2	Leitura final (Estabilizado)

Fonte: Os Autores (2026)

4.2 CÁLCULOS DE PERMEABILIDADE

A taxa de percolação (K) é obtida dividindo o tempo da medição, pelo rebaixamento da última leitura, (em metros), abaixo apresenta-se os resultados do ensaio hipotético realizado anteriormente:

Cava 01:

$$K1 = \frac{30\ min}{0{,}025\ m} = 1.200\ min/m$$

Cava 02:

$$K2 = \frac{30\ min}{0{,}028\ m} = 1.071\ min/m$$

Cava 03:

$$K3 = \frac{30\ min}{0{,}022\ m} = 1.364\ min/m$$

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

Taxa de percolação média, se dá calculando a média dos resultados obtidos anteriormente:

$$KMedio = \frac{1.200 + 1.071 + 1.364}{3} = 1.211{,}70\ min/m$$

Após o ensaio determina-se a taxa de infiltração do solo de acordo com as tabelas de conversão da ABNT, e dimensiona-se a fossa, onde nesse exemplo hipotético somente do ensaio de percolação (coeficiente K), não será calculada e dimensionada.

4.3 ANÁLISE DE ENSAIO NORMATIZADO VS. ENSAIO COM FALHAS

Para avaliar a hipótese principal, que o ensaio normativo se torna indispensável comparou-se o resultado do ensaio normatizado acima com outro cenário hipotético em que a etapa de pré-saturação do solo foi ignorada, onde sem pré-saturação o solo seco absorve a água muito mais rápido nas primeiras medições devido à sucção matricial inicial. Nesse cenário com falha, o rebaixamento medido na última leitura seria inflado para cerca de 6 cm, mostrado na Figura 05.

Figura 05: Tabela de coleta de dados

Ensaio Hipotetico (sem pré-saturação)				
Tempo (Min)	Cava 1 (Cm)	Cava 2 (Cm)	Cava 3 (Cm)	Condição de Estabilização
0 – 30	9,5	10,2	9,0	Leitura inicial (sucção matricial alta)
30 – 60	8,0	8,5	7,6	Em infiltração rápida
60 – 90	6,8	7,1	6,5	Em estabilização parcial
90 – 120	6,0	6,2	5,8	Leitura 1 de estabilização aparente
120 – 150	6,0	6,2	5,8	Leitura 2 de estabilização aparente
150 – 180	6,0	6,2	5,8	Leitura final (Falsa estabilização)

Fonte: Os Autores (2026)

Cava 01 (sem pré-saturação):

$$K1 = \frac{30\ min}{0{,}060\ m} = 500\ min/m$$

Cava 02 (sem pré-saturação):

$$K2 = \frac{30\ min}{0{,}062\ m} = 483{,}87\ min/m$$

Cava 03 (sem pré-saturação):

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

$$K3 = \frac{30\ min}{0{,}058\ m} = 517{,}24\ min/m$$

$$KMedio = \frac{500 + 483{,}87 + 517{,}24}{3} = 500{,}37\ min/m$$

Uma diferença muito significativa, que resultaria em um subdimensionamento da fossa, causando em pouco tempo, entupimento, mau cheiro, transbordamentos e possíveis contaminações ambientais.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente artigo teve como objetivo detalhar a realização e analisar a importância do ensaio de percolação de solo na engenharia civil, evidenciando como a execução do procedimento normativo pela NBR 17076 (ABNT, 2024) é indispensável para o correto dimensionamento de obras envolvendo o solo, e para a mitigação de impactos ambientais e econômicos. Por meio da aplicação do método hipotético-dedutivo, a pesquisa ditou o procedimento padronizado com um cenário de erro comum na prática de canteiros de obras, a omissão da etapa de pré-saturação do solo.

Os resultados obtidos na simulação permitiram validar e refutar as proposições iniciais da pesquisa. Demonstrou-se que a execução rigorosa do ensaio normatizado fornece os parâmetros reais de infiltração do solo saturado, garantindo o dimensionamento seguro da área de absorção e comprovou-se que a execução sem diretrizes técnicas altera significativamente os resultados. A ausência da pré-saturação resultou em uma falsa taxa de percolação (K), induzindo a um provável subdimensionamento da área útil do sumidouro causando um prejuízo econômico e ambiental. Conclui-se que o ensaio de percolação não deve ser um opcional, mas sim como uma etapa indispensável para a viabilidade dos projetos de engenharia civil.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 13969: **Tanques sépticos** — Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes — Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 17076: Sistemas de tratamento descentralizado de efluentes — Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 2024.

ISSN: 2359 - 3377
Indexada ao Latindex
v. 2 (2026) ano 13

CAPUTO, Homero Pinto. **Mecânica dos solos e suas aplicações**. 8. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2022. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788521638032/epubcfi/6/8[%3Bvnd.vst.idref%3Dtitle]!/4/2/6%4051:43. Acesso em 12 ago. 2026.

DAS, Braja M. **Fundamentos de Engenharia Geotécnica**. 9. ed. São Paulo: Cengage Learning, 2019. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788522128280/pageid/0. Acesso em: 5 ago. 2026.

GEOSITU. **Ensaio de percolação**. GeoSitu, 2026. Disponível em: https://geositu.com.br/servicos/ensaio-de-percolacao/. Acesso em: 10 ago. 2026.

JORDÃO, Eduardo Pacheco; PESSOA, Constantino Arruda. **Tratamento de esgotos domésticos**. 6. ed. Rio de Janeiro: ABES, 2011 Disponível em: https://pt.scribd.com/document/403379638/LIVRO-Tratamento-de-esgotos-domesticos-Eduardo-Pacheco-Jordao-Constantino-Arruda-Pessoa-6%C2%AA-edicao-pdf. Acesso em: 10 ago. 2026.

MAPEAR Geologia e Meio Ambiente. **Teste de Percolação**: avaliando a capacidade de infiltração do solo. Mapear Geologia, 2023. Disponível em: https://mapeargeologia.com.br/teste-percolacao/. Acesso em: 10 ago. 2026.

MURRIETA, Pedro**. Mecânica dos solos**. São Paulo: Érica, 2014. Disponível em: https://app.minhabiblioteca.com.br/reader/books/9788595156074?library_return_url=https%3A%2F%2Fapp.minhabiblioteca.com.br%2Fhome%2Fmy-library. Acesso em: 12 ago. 2026.