

UNIVERSIDADE CESUMAR - UNICESUMAR
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS TECNOLÓGICAS E AGRÁRIAS
CURSO DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

EFICIÊNCIA, SEGURANÇA, SUSTENTABILIDADE E VIABILIDADE
ECONÔMICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE FÔRMAS E
ESCORAMENTOS METÁLICOS E CONVENCIONAIS EM LAJES

GABRIEL JOSEPETTI DA COSTA

MARINGÁ – PR

2024

Gabriel Josepetti da Costa

**EFICIÊNCIA, SEGURANÇA, SUSTENTABILIDADE E VIABILIDADE
ECONÔMICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE FÔRMAS E
ESCORAMENTOS METÁLICOS E CONVENCIONAIS EM LAJES**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Ronan Yuzo Takeda Violin.

MARINGÁ – PR

2024

GABRIEL JOSEPETTI DA COSTA

**EFICIÊNCIA, SEGURANÇA, SUSTENTABILIDADE E VIABILIDADE
ECONÔMICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE FÔRMAS E
ESCORAMENTOS METÁLICOS E CONVENCIONAIS EM LAJES**

Artigo apresentado ao Curso de Graduação em Engenharia Civil da Universidade Cesumar – UNICESUMAR como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Civil, sob a orientação do Prof. Me. Ronan Yuzo Takeda Violin.

Aprovado em: ____ de _____ de ____.

BANCA EXAMINADORA

Orientador: Me. Ronan Yuzo Takeda Violin – UniCesumar

Nome do professor: Me. Claudio de Souza Rodrigues – UniCesumar

Nome do professor - (Titulação, nome e Instituição)

EFICIÊNCIA, SEGURANÇA, SUSTENTABILIDADE E VIABILIDADE ECONÔMICA: UMA ANÁLISE COMPARATIVA DE FÔRMAS E ESCORAMENTOS METÁLICOS E CONVENCIONAIS EM LAJES

Gabriel Josepetti da Costa

RESUMO

Este estudo avalia a eficiência, segurança, sustentabilidade e viabilidade econômica dos escoramentos metálicos em lajes planas protendidas, destacando sua relevância na evolução da construção civil brasileira. A pesquisa utilizou revisão bibliográfica, estudos de caso e coleta de dados em campo sobre tempo de montagem e desmontagem, velocidade de execução e custos de mão de obra. Os resultados mostram que os escoramentos metálicos oferecem maior durabilidade, reusabilidade e precisão, garantindo qualidade, segurança estrutural e sustentabilidade ambiental ao reduzir o uso de madeira e promover materiais recicláveis. Apesar do investimento inicial mais alto, esses sistemas demonstram benefícios significativos em economia, segurança e modernização dos processos construtivos. A análise comparativa evidencia que os escoramentos metálicos aceleram a construção, melhoram a eficiência e contribuem para práticas sustentáveis, sendo uma alternativa viável aos métodos tradicionais. Conclui-se que esses sistemas otimizam tempo e custos em edifícios verticais, promovendo inovação e qualidade na construção civil.

Palavras-chave: Eficiência. Reusabilidade. Sustentabilidade.

EFFICIENCY, SAFETY, SUSTAINABILITY, AND ECONOMIC VIABILITY: A COMPARATIVE ANALYSIS OF METALLIC AND CONVENTIONAL FORMWORK AND SHORING SYSTEMS IN SLABS

ABSTRACT

This study evaluates the efficiency, safety, sustainability, and economic viability of metallic shoring systems in post-tensioned flat slabs, highlighting their relevance in the evolution of Brazilian civil construction. The research involved bibliographic review, case studies, and field data collection on formwork assembly and disassembly time, execution speed, and labor costs. The results show that metallic shoring systems provide greater durability, reusability, and precision, ensuring quality, structural safety, and environmental sustainability by reducing wood usage and promoting recyclable materials. Despite the higher initial investment, these systems demonstrate significant benefits in terms of cost savings, safety, and modernization of construction processes. The comparative analysis shows that metallic shoring systems speed up construction, improve efficiency, and support sustainable practices, making them a viable alternative to traditional methods. It concludes that these systems optimize time and costs in vertical buildings, promoting innovation and quality in civil construction.

Keywords: Efficiency. Reusability. Sustainability.

1 INTRODUÇÃO

A construção civil no Brasil passou por diferentes fases, influenciadas por mudanças econômicas, políticas e tecnológicas que moldaram seu desenvolvimento. Na década de 1940, grandes investimentos governamentais impulsionaram o setor, consolidando o concreto como material principal e promovendo o progresso na infraestrutura nacional (Degani, 2022). Nos anos 1950, com a redução do apoio estatal e o crescimento da iniciativa privada, o foco do setor mudou para a eficiência e a rentabilidade dos empreendimentos, mantendo seu impacto político e econômico. Durante os anos 1970, o regime militar aumentou a presença estatal, direcionando as empresas para o mercado de edifícios residenciais e comerciais. Já na década de 1990, as preocupações ambientais e a busca por maior eficiência levaram as empresas a priorizarem a qualidade dos produtos e a qualificação da mão de obra, evidenciando a necessidade de adaptação às demandas do mercado contemporâneo (Degani, 2022).

A industrialização na construção civil é uma tendência global, e os sistemas de fôrmas e escoramentos metálicos representam um avanço nesse processo, permitindo padronização, maior produtividade e entregas mais rápidas (Silva, 2019; Oliveira, 2020). Com o crescimento econômico e industrial do Brasil, empresários buscam aprimorar seus empreendimentos, adotando técnicas como escoramentos padronizados para vigas e lajes. Esses sistemas aceleram o cronograma das obras, além de garantir a estabilidade estrutural durante a construção. No entanto, apesar de sua importância, os escoramentos são frequentemente subestimados e recebem pouca atenção tanto na formação acadêmica quanto na prática profissional (NBR 15696, 2009; SH, 2008).

Os escoramentos são fundamentais para a estabilidade das estruturas durante a construção, mas frequentemente negligenciados por engenheiros devido à falta de conhecimento ou à ausência de projetos específicos no concreto armado (Doe; Silva, 2020; Souza; Mendes, 2019). Apesar disso, cresce a demanda por projetos detalhados e cuidados na montagem e desmontagem dessas estruturas. Historicamente, o uso de materiais como madeira e a abordagem informal no dimensionamento refletem a falta de estudos aprofundados na graduação e na prática profissional (Oliveira, 2019; Souza, 2018). Com a escassez de materiais e a busca por eficiência, os escoramentos metálicos têm surgido como uma solução viável e sustentável. Esses sistemas oferecem durabilidade, precisão e custo-benefício, além de atenderem às demandas de modernização e sustentabilidade, consolidando-se como uma escolha estratégica para o setor (Oliveira; Silva, 2018; Santos; Pereira, 2019).

O presente estudo busca avaliar a eficiência, segurança e viabilidade econômica dos escoramentos metálicos aplicados em lajes planas protendidas. Ao explorar essas estruturas provisórias, pretende-se destacar como esses sistemas podem atender às demandas de modernização da construção civil, promovendo avanços significativos em termos de durabilidade, reusabilidade e precisão dimensional. Essa abordagem tem como propósito contribuir para a implementação de soluções mais eficientes e sustentáveis, alinhadas às necessidades de um setor em constante evolução.

Adicionalmente, o trabalho visa analisar detalhadamente os sistemas de escoramentos, enfatizando a relevância de projetos bem elaborados e a seleção adequada de materiais. Ao compreender a evolução desses sistemas e suas aplicações na construção civil, busca-se aumentar a segurança e a eficiência das obras, além de promover a conscientização sobre sua importância. Essa análise não apenas fomenta a sustentabilidade e inovação no setor, mas também incentiva práticas construtivas mais responsáveis e eficazes, alinhadas aos desafios contemporâneos.

1.1 Justificativa

A necessidade de aprimorar a qualidade das construções, a falta de estudos científicos voltados para o escoramento e o surgimento de novos produtos no mercado motivaram a escolha deste tema: “Eficiência, Segurança, Sustentabilidade e Viabilidade Econômica: Uma Análise Comparativa de Fôrmas e Escoramentos Metálicos e Convencionais em Lajes”. Este trabalho aborda os escoramentos metálicos como alternativa aos tradicionais de madeira, com o objetivo de melhorar a qualidade e eficiência das construções. A seguir, são apresentadas justificativas com base em dois aspectos principais.

O uso de escoramentos metálicos apresenta diversas vantagens. Primeiramente, esses sistemas são mais duráveis e reutilizáveis, ao contrário da madeira, que se deteriora rapidamente. Isso reduz reposições frequentes e custos a longo prazo. Além disso, oferecem maior precisão no alinhamento e melhor distribuição de cargas, aumentando a segurança estrutural e reduzindo o risco de falhas. A sustentabilidade ambiental também é um destaque, pois a menor demanda por madeira preserva as florestas, enquanto o aço, sendo reciclável, se alinha a práticas sustentáveis, diferentemente da produção de madeira, que contribui para o desmatamento.

A adoção de um sistema industrializado no processo construtivo traz várias melhorias. A montagem rápida dos escoramentos aumenta a produtividade, acelerando o cronograma da

obra. A fabricação industrial garante medidas precisas e acabamentos de qualidade, reduzindo retrabalho. Embora o investimento inicial em escoramentos metálicos seja maior, a durabilidade proporciona economia a longo prazo. A ergonomia e a segurança são otimizadas, pois os sistemas metálicos são leves e fáceis de manusear, minimizando riscos de acidentes. Por fim, a padronização dos componentes facilita a logística no canteiro de obras, reduz o desperdício de materiais e organiza o processo de construção, promovendo práticas alinhadas às tendências modernas de sustentabilidade.

2 REVISÃO DE LITERATURA

As lajes são elementos estruturais fundamentais de edifícios, sendo classificadas como elementos planos bidimensionais, caracterizados pelo seu comprimento e largura muito superiores à espessura (Bastos, 2015).

Em geral, as ações sobre as lajes são perpendiculares ao plano e podem ser divididas de forma linear ou concentrada, ações externas, tais como momentos fletores, que são aplicados nas bordas das lajes (Silva; Pereira, 2015;) (Cecchetto; Rodrigues, 2017).

As ações são, sobretudo, transmitidas para as vigas de apoio nas bordas, mas também podem ser transmitidas diretamente aos pilares em lajes planas, o que caracteriza um sistema estrutural em que as lajes não possuem vigas de apoio ao longo das bordas, sendo apoiadas diretamente nos pilares (Bastos, 2015).

A laje maciça é caracterizada pelo seu conteúdo de concreto, contendo armaduras longitudinais de flexão e, eventualmente, armaduras transversais. A laje está apoiada em vigas ou paredes ao longo das bordas, permitindo uma distribuição eficiente das cargas (Bastos, 2015).

Os escoramentos metálicos têm sido eficazes na construção de lajes planas protegidas. Esses sistemas não só aceleram a construção, como também garantem uma maior precisão e qualidade no acabamento das estruturas (Pereira, 2015).

É importante notar que a maioria dos projetos de escoramentos é fornecida pelas empresas que produzem e comercializam esses sistemas. O estudo dos sistemas de escoramentos para lajes de edifícios é crucial para assegurar a segurança, eficiência e qualidade das edificações (Lopes, 2013.)

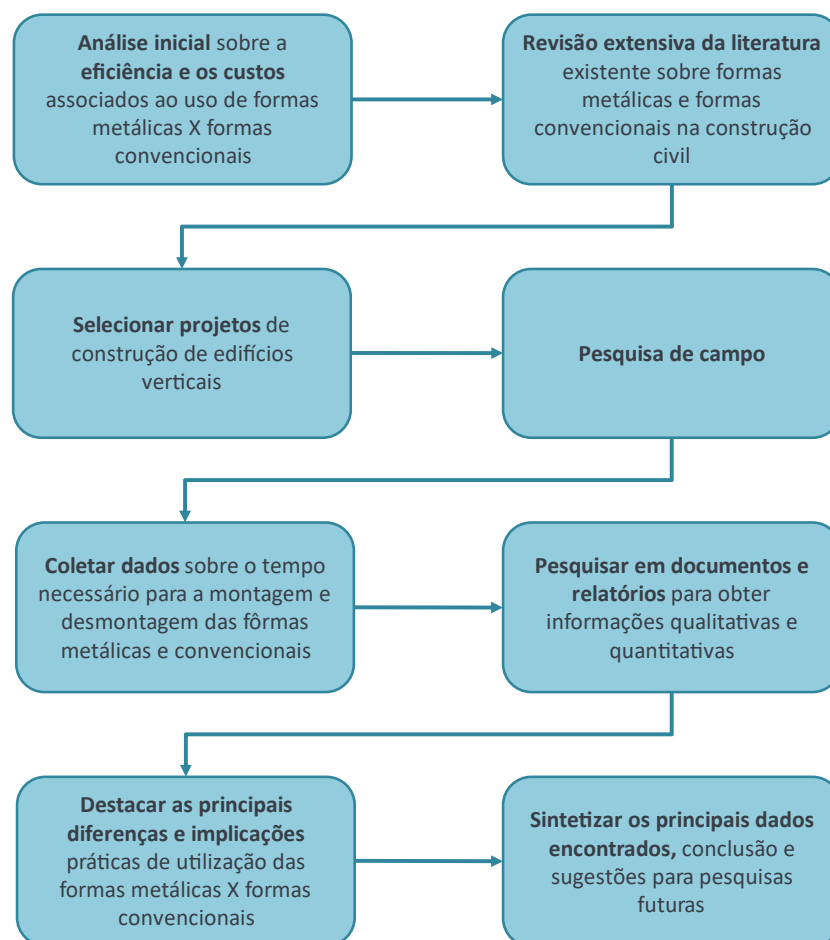
A protensão, que é a aplicação de forças internas de compressão através de cabos de aço, permite a construção de lajes com espessuras menores e vãos livres menores, reduzindo a

quantidade de materiais utilizados e aumentando a eficiência estrutural (Silva & Carvalho, 2020).

3 METODOLOGIA

A metodologia permitirá uma análise robusta e detalhada, fornecendo evidências empíricas e “*insights*” práticos sobre a eficiência e os custos associados ao uso de fôrmas metálicas em comparação com fôrmas convencionais na construção de edifícios verticais.

O Fluxograma 01, demonstra o conjunto de informações que serão desenvolvidas para atendimento da pesquisa.



Fluxograma 01 – Metodologia de Pesquisa (Autor, 2024).

Para abordar a problemática de como as fôrmas metálicas podem otimizar tempo e dinheiro na construção de edifícios verticais, e visando atingir o objetivo geral de analisar os resultados da utilização das fôrmas metálicas em comparação com as fôrmas convencionais, será realizada uma revisão extensiva da literatura existente sobre fôrmas metálicas e fôrmas convencionais na construção civil. Este levantamento bibliográfico incluirá artigos científicos, dissertações, teses, livros e publicações técnicas relevantes, com o objetivo de compreender e identificar as vantagens e desvantagens de cada tipo de fôrma, e reunir dados empíricos já disponíveis.

Para uma análise prática e detalhada, serão selecionados projetos de construção de edifícios verticais que utilizaram tanto fôrmas metálicas quanto fôrmas convencionais. Esses estudos de caso fornecerão um contexto real para a comparação direta entre os dois métodos. A coleta de dados será realizada em campo, envolvendo visitas aos canteiros de obras dos estudos de caso selecionados.

Serão coletados dados sobre o tempo necessário para a montagem e desmontagem das fôrmas metálicas e convencionais, a velocidade de execução das diferentes etapas das obras e o custo de mão de obra, registrando o número de trabalhadores envolvidos e as horas trabalhadas para a montagem e desmontagem das fôrmas, permitindo o cálculo do custo total de mão de obra.

Serão realizadas pesquisas em documentos e relatórios para obter informações qualitativas sobre fôrmas metálicas e convencionais, incluindo aspectos de eficiência, facilidade de uso, segurança e ergonomia. Os dados coletados serão analisados quantitativamente e qualitativamente. Serão utilizadas técnicas estatísticas para comparar o tempo de montagem e desmontagem, a velocidade de execução das obras e os custos de mão de obra entre as fôrmas metálicas e convencionais.

Os resultados da análise comparativa serão discutidos em detalhe, destacando as principais diferenças e implicações práticas da utilização das fôrmas metálicas *versus* fôrmas convencionais. Serão elaboradas recomendações práticas para a adoção de fôrmas metálicas em projetos futuros, baseadas nos achados do estudo.

Finalmente, o estudo será concluído com um resumo dos principais achados, conclusões e sugestões para pesquisas futuras. A conclusão destacará como as fôrmas metálicas podem contribuir para a otimização de tempo e dinheiro na construção de edifícios verticais, proporcionando “*insights*” valiosos para a indústria da construção civil.

4 DESENVOLVIMENTO

4.1 Eficiência e Produtividade

A eficiência e produtividade dos sistemas de escoramento são fundamentais para a otimização de tempo e custo na construção civil. No escoramento metálico, a produtividade é facilitada pela precisão das peças e pelos encaixes padronizados, o que permite uma montagem e desmontagem mais rápidas, reduzindo o tempo total da obra. Em contrapartida, o sistema convencional com escoras de eucalipto e fôrmas de madeirite, por exigir um processo artesanal de ajuste e corte das peças, resulta em maior consumo de mão de obra e tempo de execução (Metroform, 2023; Torcisão, 2019).

Além disso, o sistema convencional, composto por escoras de eucalipto e fôrmas de madeirite, exige ajustes manuais frequentes e cortes específicos para adaptar as peças, o que aumenta o tempo de execução e o custo de mão de obra. Também, o processo artesanal necessário para montagem das fôrmas convencionais eleva o risco de erros de alinhamento e estabilidade, impactando diretamente a eficiência e segurança do sistema (Silva, 2019).

Outro fator importante é a reusabilidade. As fôrmas metálicas, por serem mais duráveis, podem ser reutilizadas diversas vezes sem perda de precisão ou qualidade, o que representa uma vantagem econômica e prática em projetos de médio e longo prazo. Em comparação, as fôrmas de madeirite e as escoras de eucalipto sofrem desgaste rápido, necessitando de substituições constantes, o que aumenta o custo cumulativo e reduz a eficiência ao longo da obra (Oliveira, 2020).

Assim, as fôrmas metálicas não apenas aceleram o processo de construção, mas também oferecem uma qualidade mais uniforme e um menor índice de falhas. Esses benefícios tornam o sistema metálico uma alternativa mais produtiva e eficiente para empreendimentos que visam à otimização de tempo e redução de custo operacional a longo prazo.

QUADRO 1 – DADOS RETIRADOS *IN LOCO*

DADOS RETIRADOS <i>IN LOCO</i> DE PROJETO ESTRUTURAL
Área da laje: 376,22 m²
Número total de lajes: 20
Sistema de fôrma metálica: 1 laje/semana (7 dias)
Sistema de fôrma convencional: 1 laje a cada 10 dias

Fonte: Autor (2024).

QUADRO 2 – DADOS ANALISADOS *IN LOCO*

CÁLCULO DE TEMPO PARA COMPLETAR AS 20 LAJES
1. Produtividade com Fôrmas Metálicas
Tempo necessário para uma laje: 7 dias (<i>in loco</i> /empírico)
Tempo para completar 20 lajes: $20 \times 7 = 140$ dias $\approx 4,7$ meses

Fonte: Autor (2024).

QUADRO 3 – DADOS OBTIDOS POR PESQUISAS

2. Produtividade com Fôrmas Convencionais
Tempo necessário para uma laje: 10 dias (informações obtidas através de pesquisas)
Tempo para completar 20 lajes: $20 \times 10 = 200$ dias $\approx 6,7$ meses

Fonte: Autor (2024).

QUADRO 4 – ANÁLISE COMPARATIVA

COMPARATIVO DE PRODUTIVIDADE (TEMPO PARA COMPLETAR A TORRE COM 20 LAJES)			
SISTEMA DE FÔRMA	TEMPO POR LAJE (dias)	TEMPO TOTAL PARA 20 LAJES (dias)	TEMPO EM MESES
METÁLICA	7	140	$\approx 4,7$
CONVENCIONAL (madeirite)	10	200	$\approx 6,7$

Fonte: Autor (2024).

4.2 Consumo de Material e Sustentabilidade

A sustentabilidade é um fator crítico na escolha entre sistemas de escoramento, especialmente considerando os impactos ambientais e a geração de resíduos. O sistema metálico, por ser projetado para múltiplas reutilizações, minimiza a demanda por materiais, contribuindo para a preservação de recursos naturais. Além disso, o aço, sendo 100% reciclável, reduz a pegada ambiental a longo prazo (Anacleto; Dos Santos; Assis, 2023).

Por outro lado, o sistema convencional com madeira e madeirite apresenta desvantagens significativas em termos de consumo de material. A madeira de eucalipto é frequentemente descartada após o uso, o que eleva o consumo e pode contribuir para o desmatamento e o aumento de resíduos sólidos. Em termos de pegada de carbono, o processo de extração e

fabricação de madeirite e eucalipto tem uma emissão consideravelmente maior, especialmente em comparação com o uso de fôrmas metálicas (Carpintaria Rezende, 2023; Pro Obras, 2023).

Conforme imagens 1 e 2, é possível observar o quanto deteriorado fica o painel de madeirite, após uma ou no máximo duas concretagens (desformas), provando que a durabilidade e reusabilidade são pontos desfavoráveis para quem optar pelas fôrmas convencionais, fazendo com que a compra de novos painéis seja algo constante durante a execução da estrutura.

IMAGEM 1 - PEÇA DE MADEIRITE
“ESTUFADA”



Fonte: Autor (2024).

IMAGEM 2 - PEÇAS DE MADEIRITE
“DESGASTADAS”



Fonte: Autor (2024).

Já, se observarmos a imagem 3, é perceptível a deformação que a madeira sofre, devido a fatores como, intempéries e desforma, não permitindo que o assoalho da laje fique totalmente plano, podendo interferir na colocação das armaduras positivas e negativas da laje, além de poder interferir na espessura ideal indicada pelo projetista estrutural.

IMAGEM 3 – PEÇA DE MADEIRITE “ESTUFADA”



Fonte: Autor (2024).

4.3 Segurança

A segurança dos sistemas de escoramento é um ponto crítico tanto na fase de montagem quanto na fase de utilização. O sistema metálico, por sua rigidez e precisão no encaixe das peças, oferece maior estabilidade e reduz os riscos de acidentes durante a concretagem. A alta precisão das fôrmas metálicas garante que as lajes sejam sustentadas de maneira uniforme, evitando deformações e reduções na carga suportada (Torcissão, 2019).

No sistema convencional, o uso de escoras de eucalipto e fôrmas de madeirite é mais suscetível a falhas estruturais devido a variações naturais na resistência das peças de madeira. Essa irregularidade pode representar um risco de colapso parcial ou falhas durante o processo de concretagem, especialmente se as escoras não forem corretamente dimensionadas e instaladas. Adicionalmente, o sistema convencional possui maior risco de acidentes, como quedas e lesões por estilhaçamento da madeira ou deformação das fôrmas, que não mantêm a estabilidade ao longo do tempo (Metroform, 2023; Pro Obras, 2023).

Ademais, a madeira é um material anisotrópico, ou seja, suas propriedades físicas e mecânicas variam conforme a direção das fibras. Essa característica provoca irregularidades nas escoras de eucalipto, como deformações e inclinações, que comprometem a estabilidade e segurança do escoramento em obras. A variabilidade natural da madeira pode resultar em distribuição desigual de carga, elevando o risco de colapsos estruturais (Lara, 2020).

QUADRO 5 – ANÁLISE COMPARATIVA DE SEGURANÇA

ANÁLISE COMPARATIVA: ESCORAMENTO METÁLICO COM FÔRMA METÁLICA VS. ESCORAMENTO DE EUCALIPTO COM FÔRMA EM MADEIRITE		
Critério	Escoramento Metálico e Fôrma Metálica	Escoramento de Eucalipto e Fôrma em Madeirite
Estabilidade Estrutural	O sistema metálico oferece maior estabilidade devido à rigidez e uniformidade dos materiais. Menos suscetível a deformações durante a concretagem.	A madeira pode sofrer deformação por umidade ou carga excessiva, comprometendo a estabilidade da estrutura se não bem dimensionada.
Riscos de Colapso	Menor risco de colapso, desde que as peças metálicas estejam bem instaladas e ajustadas. Os sistemas metálicos possuem travas de segurança.	Maior risco de colapso por empenamento das peças de eucalipto ou falha na união dos componentes de madeira. O controle de qualidade é mais difícil.
Capacidade de Carga	O escoramento metálico é projetado para suportar altas cargas, garantindo segurança mesmo em lajes com maior espessura.	As peças de eucalipto, se não inspecionadas, podem apresentar variações na capacidade de carga, aumentando o risco de acidentes.
Durabilidade	Alta durabilidade, com maior resistência a intempéries e uso repetido. Menor desgaste ao longo do tempo.	O eucalipto e o madeirite são suscetíveis a umidade e apodrecimento, aumentando o risco de falhas estruturais com o tempo.
Segurança do Trabalhador	As peças metálicas são padronizadas e mais fáceis de instalar, reduzindo o risco de erro humano e acidentes durante a montagem.	O manuseio de peças de eucalipto e madeirite envolve maior esforço físico, aumentando o risco de lesões e acidentes. A montagem é menos precisa e mais demorada.
Normas de Segurança Aplicáveis	A NR18 e a NR12 destacam o uso de escoramentos e equipamentos que garantam segurança e estabilidade, favorecendo sistemas metálicos.	Embora possa atender à NR18, o sistema de eucalipto requer inspeções frequentes e manutenção constante para cumprir as normas de segurança.
Inspeção e Manutenção	A inspeção do sistema metálico é mais fácil e eficaz, pois falhas são mais visíveis (como desgaste ou ferrugem). Manutenção é menos frequente.	Exige inspeção constante para verificar a integridade das peças de eucalipto e fôrmas de madeirite, além de maior frequência de substituições.

Critério	Escoramento Metálico e Fôrma Metálica	Escoramento de Eucalipto e Fôrma em Madeirite
Custo e Impacto na Segurança	Pode ter custo inicial mais elevado, mas oferece maior segurança ao longo da obra, evitando paralisações por acidentes.	Mais barato inicialmente, mas o custo da manutenção e do gerenciamento de riscos pode ser maior ao longo do tempo.

Fonte: Autor (2024).

As imagens 4 e 5 mostram o sistema de escoramento com escoras de eucalipto e fôrmas de madeirite. Nas fotos, percebe-se que as escoras estão muito próximas, criando passagens apertadas que dificultam a movimentação dos trabalhadores e o transporte de materiais. Além disso, a natureza anisotrópica da madeira resulta em irregularidades, como peças tortas ou inclinadas, comprometendo a estabilidade estrutural.

Essa instabilidade aumenta o risco de colapso, pois as escoras podem não distribuir a carga de maneira uniforme. E, a madeira é suscetível a deformações em ambientes úmidos, reduzindo sua resistência com o tempo e exigindo inspeções frequentes.

IMAGEM 4 - LAJES REAL. Escora de eucalipto



Disponível em: <https://lajesreal.blog/2018/10/21/escora-metalica/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

IMAGEM 5 - PORTAL CONSTRUÇÃO FÁCIL. Escoramentos, cimbramento e fôrmas.



Disponível em: <https://portalconstrucaofacil.com/escoramentos-cimbramento-e-formas/>.
Acesso em: 05 nov. 2024.

As imagens 6 e 7 mostram o sistema de escoramento metálico com fôrmas metálicas, que proporcionam um ambiente de trabalho mais organizado e seguro. Nas fotos, nota-se que as escoras metálicas permitem uma disposição espaçada e alinhada, criando passagens amplas que facilitam a movimentação e o transporte de materiais.

Além disso, o escoramento metálico oferece uniformidade e estabilidade estrutural superiores às escoras de madeira. Fabricado com materiais resistentes a deformações, o sistema garante uma distribuição uniforme da carga e menor necessidade de manutenção, mesmo em condições adversas.

IMAGEM 6 – ESCORAMENTO METÁLICO *IN LOCO*



Fonte: Autor (2024).

IMAGEM 7 – ESCORAMENTO METÁLICO *IN LOCO*

Fonte: Autor (2024).

4.4 Viabilidade Econômica e Custo-Benefício

Apesar de o custo inicial do sistema metálico ser mais alto devido à necessidade de locação ou aquisição das peças, a análise de custo-benefício a longo prazo revela vantagens significativas. O sistema metálico pode ser reutilizado em várias etapas da construção e em outros projetos, diminuindo os custos operacionais associados a reposições. O custo de manutenção também é menor, pois o sistema metálico exige menos reparos e ajustes, diferentemente das fôrmas de madeira que desgastam rapidamente (Torcissão, 2019).

O sistema convencional, embora tenha um custo inicial mais baixo, apresenta um custo cumulativo mais alto devido à baixa durabilidade e necessidade de reposições frequentes. Além disso, o tempo e o custo de mão de obra para instalação e ajuste das fôrmas convencionais tendem a ser maiores. Essa diferença de custos de longo prazo, quando contabilizada, torna o sistema metálico uma escolha economicamente mais viável para obras de grande porte e projetos que demandam maior qualidade e rapidez (Pro Obras, 2023).

Com base nas informações fornecidas pelo SIDUSCON (Sindicato da Indústria da Construção Civil no Estado do Paraná), será calculado abaixo o custo mensal da equipe necessária para fazer uma laje.

QUADRO 6 – DADOS SINDUSCON

DADOS (SINDUSCON-PR)	
CARPINTEIRO (PROFISSIONAL)	R\$ 2.752,20
ARMADOR (PROFISSIONAL)	R\$ 2.752,20
MEIO-OFICIAL	R\$ 2.107,60
SERVENTE	R\$ 1.994,80

Fonte: Autor (2024).

QUADRO 7 – QUANTIDADE EQUIPE DE LAJE

EQUIPE		
FUNÇÃO	QUANTIDADE	SALÁRIO/MÊS
CARPINTEIRO	6	R\$ 16.513,20
ARMADOR	4	R\$ 11.008,80
MEIO-OFICIAL	2	R\$ 4.215,20
SERVENTE	2	R\$ 3.989,60
CUSTO TOTAL/MÊS:		R\$ 35.726,8

Fonte: Autor (2024).

QUADRO 8 e 9 – CÁLCULO CUSTO POR LAJE

Cálculo do Custo Total para Completar 20 Lajes
1. Custo com Fôrmas Metálicas
Tempo necessário para 20 Lajes: 4,7 Meses
Custo Total: R\$35.726,80 * 4,7 = R\$167.915,96
2. Custo com Fôrmas Convencionais
Tempo necessário para 20 Lajes: 6,7 Meses
Custo Total: R\$35.726,80 * 6,7 = R\$239.369,56

Fonte: Autor (2024).

Conclusão: O uso de fôrmas metálicas representa uma economia de R\$71.453,60 em comparação com o sistema convencional, devido à maior produtividade e menor tempo de execução.

4.5 Discussão dos Resultados

A análise dos resultados evidencia que o sistema metálico oferece vantagens em segurança, durabilidade, produtividade e sustentabilidade. Comparado ao sistema convencional, ele proporciona um ambiente de trabalho mais seguro, com menores riscos de acidentes e maior controle da execução das etapas. Além disso, os benefícios ambientais e a economia a longo prazo justificam o investimento inicial mais alto, sobretudo em empreendimentos de larga escala que visam otimização de recursos.

Em contraste, o sistema convencional, apesar de ser economicamente atraente no curto prazo, apresenta limitações em termos de segurança e eficiência, o que pode resultar em custos maiores de manutenção e substituição. Essa análise permite concluir que a adoção de escoramentos metálicos representa uma modernização na construção civil, promovendo práticas sustentáveis e garantindo uma qualidade estrutural superior (Finom, 2019; Torcissão, 2019; Carpintaria Rezende, 2023; Pro Obras, 2023).

5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como objetivo compreender a eficiência, segurança e viabilidade econômica dos escoramentos metálicos aplicados em lajes planas protendidas, com o intuito de contribuir para a modernização e sustentabilidade da construção civil. A pesquisa utilizou uma abordagem comparativa, analisando dados quantitativos e qualitativos dos sistemas metálicos e convencionais, além de informações obtidas em estudos de caso.

Para atingir a compreensão do impacto desses sistemas, foram definidos quatro objetivos específicos. O primeiro buscou analisar as vantagens dos escoramentos metálicos em termos de durabilidade e reusabilidade. Verificou-se que esses sistemas são superiores aos convencionais, devido à maior resistência e à possibilidade de reutilização. O segundo objetivo avaliou os aspectos de segurança, concluindo que o sistema metálico reduz significativamente os riscos de acidentes durante a construção. O terceiro objetivo analisou a viabilidade econômica, demonstrando que, apesar do investimento inicial mais alto, os escoramentos metálicos oferecem melhor custo-benefício a longo prazo. Por fim, o quarto objetivo abordou a sustentabilidade, destacando que os escoramentos metálicos, ao reduzirem o uso de madeira e utilizarem materiais recicláveis, promovem práticas construtivas ambientalmente

responsáveis, alinhadas às demandas contemporâneas de preservação dos recursos naturais e redução de resíduos.

Com isso, a hipótese do trabalho de que os escoramentos metálicos são mais eficientes, seguros e economicamente viáveis em relação aos sistemas convencionais foi confirmada, devido à superioridade desses sistemas em termos de produtividade, sustentabilidade e segurança. Ademais, conclui-se que a aplicação de escoramentos metálicos promove uma construção mais organizada e sustentável, atendendo às demandas por eficiência e segurança no setor.

Os instrumentos de coleta de dados permitiram uma análise precisa das diferenças entre os sistemas metálicos e convencionais, mostrando a importância de integrar tecnologia e sustentabilidade nos processos construtivos. E por fim, através de pesquisas futuras, pode-se ampliar a análise para outros tipos de estruturas e regiões, além de investigar como os avanços tecnológicos podem otimizar ainda mais os sistemas de escoramento, consolidando práticas inovadoras na construção civil.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANACLETO, Nathália Balzana; DOS SANTOS, Karolyna Gomes; ASSIS, Paulo Santos. **Economia circular e o reprocessamento do aço: análise dos efeitos do uso do aço reciclado na construção de navios petroleiros da classe suezmax**. 2023.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15696:2009. Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto: projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro: ABNT, 2009. Disponível em: <https://idoc.pub/documents/nbr-15696-2009-formas-e-escoramentos-para-estruturas-de-concreto-projeto-dimensionamento-e-procedimentos-executivos-1430pv9kvg4j>. Acesso em: 15 jun. 2024.

BASTOS, Paulo Sérgio dos Santos. **Lajes de concreto**. Universidade Estadual Paulista, São Paulo, 2015.

BORGES, Yuri Xavier; TRINDADE, Christiane Areias. **A evolução da tecnologia das estruturas metálicas associada à sustentabilidade**. 2023.

CECCHETTO, Carise Taciane; RODRIGUES, Paulo Cesar. **Comparação de métodos de cálculo para determinação dos momentos fletores em lajes de concreto armado**. Revista GEDECON-Gestão e Desenvolvimento em Contexto, v. 4, n. 1, p. 1-18, 2017.

CONSTRUÇÃO. **História da Construção Civil no Brasil**. Revista Construção, 2012.

DEGANI, J. **A construção civil no Brasil: desafios e perspectivas**. Blog Sienge, 15 set. 2022. Disponível em: <https://www.sienge.com.br/blog/construcao-civil-no-pais/>. Acesso em: 15 jun. 2024.

LARA, M.; MONALISA, M. **A utilização de madeiras na construção civil**. Semana Acadêmica, 2020. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_madeiras_lara_monalisa.pdf . Acesso em: 05 nov. 2024.

LAJES REAL. **Escora metálica**. Disponível em: <https://lajesreal.blog/2018/10/21/escora-metalica/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

LIMA, Ygor Dias da Costa. **Alternativa de sistemas de lajes para edifício em aço: um estudo comparativo**. 2009. 125 f. Dissertação (Mestrado em Ciências Exatas e da Terra) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2009.

LOPES, Renato Bernardo. **Crescimento da variedade, tecnologia e da literatura normativa dos escoramentos**. 2013. 82 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2013.

MENDES, Lucas Matheus Silva *et al.* Estudo comparativo entre escoramento metálico e de madeira na construção civil, uma revisão de literatura. **Revista Ibero-Americana de Humanidades, Ciências e Educação**, v. 9, n. 6, p. 3158-3178, 2023.

NILIMAA, Jonny; GAMIL, Yaser; ZHAKA, Vasiola. Formwork engineering for sustainable concrete construction. **CivilEng**, v. 4, n. 4, p. 1098-1120, 2023.

OLIVEIRA, Tulio Pessoa Souto Maior de. **Sistemas de escoramentos para lajes de edifícios: um olhar sobre as torres de escoramento**. 2012. 63 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2012.

ORLANDINI, Luana Caroline *et al.* **Estratégias para Redução das Emissões de CO2 e o Aumento de Estoque Temporário de Carbono do Setor da Construção por Meio do Uso da Madeira**. 2022. Dissertação de Mestrado.

PEREIRA, Rachel Cristina Silva Mendes. **Fôrmas plásticas e escoramentos metálicos na construção civil-utilização do sistema RECUB para fôrmas e escoramentos de lajes nervuradas**. 2015.

PORTAL CONSTRUÇÃO FÁCIL. **Escoramentos, cimbramento e fôrmas**. Disponível em: <https://portalconstrucaofacil.com/escoramentos-cimbramento-e-formas/>. Acesso em: 05 nov. 2024.

SANTOS, J. F.; PEREIRA, R. M. **Vantagens dos escoramentos metálicos na construção civil**. Journal of Civil Construction, 2019. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Vantagens+dos+escoramentos+met%C3%A1licos+na+constru%C3%A7%C3%A3o+civil>. Acesso em: 15 jun. 2024.

SH. **Manual de Fôrmas para Concreto e Escoramentos Metálicos**. 2008. Disponível em: <https://zlib.pub/manual-sh-de-formas-para-concreto-e-escoramentos-metalicos>. Acesso em: 15 jun. 2024.

SILVA, J. M. da. **Industrialização na construção civil: benefícios e desafios**. Revista Engenharia, São Paulo, v. 45, n. 3, p. 123-134, 2019.

SILVA, João; CARVALHO, Maria. **Protensão em lajes: teoria e prática**. Editora Engenharia Moderna, 2020.

SILVA, J. M.; PEREIRA, R. T. **Análise estrutural de lajes de concreto: teoria e prática**. Revista de Engenharia Estrutural, v. 23, n. 2, p. 123-134, 2015. Disponível em: <https://scholar.google.com/scholar?q=Análise+Estrutural+de+Lajes+de+Concreto>. Acesso em: 15 jun. 2024.

SOUZA, R. M. **Escoramentos temporários em concreto armado: uma revisão crítica**. Engenharia Estrutural, v. 21, n. 2, p. 75-90, 2018.