



INSTITUTO FEDERAL DE SERGIPE
COORDENADORIA DE ENGENHARIA CIVIL
LINCOLN COSTA MODESTO DOS SANTOS

ReEscore – UM APLICATIVO MÓVEL PARA DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS PROVISÓRIAS DE CIMBRAMENTO EM MADEIRA PARA LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS

ESTÂNCIA

2021

LINCOLN COSTA MODESTO DOS SANTOS

ReEscore – UM APLICATIVO MÓVEL PARA DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS PROVISÓRIAS DE CIMBRAMENTO EM MADEIRA PARA LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Sergipe como pré-requisito para
a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. D.r Thiago Augustus Remacre Munareto Lima.

ESTÂNCIA

2021

Santos, Lincoln Costa Modesto dos.
S237r ReEscore - um aplicativo móvel para dimensionamento de estruturas provisórias de cimbramento em madeira para lajes maciças e treliçadas. / Lincoln Costa Modesto dos Santos. – Estância, 2021.
94f; il.

Monografia (Graduação) – Bacharelado em Engenharia Civil. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe – IFS, 2014.
Orientador: Prof. Dr. Thiago Augustus Remacre Munareto Lima.

1. Cimbramento. 2. Escoramento. 3. Dimensionamento. 4. Aplicativo móvel. 5. ReEscore. I. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe - IFS. II. Lima, Thiago Augustus Remacre Munareto. III. Título.

CDU: 624:004.4

LINCOLN COSTA MODESTO DOS SANTOS

ReEscore – UM APLICATIVO MÓVEL PARA DIMENSIONAMENTO DE
ESTRUTURAS PROVISÓRIAS DE CIMBRAMENTO EM MADEIRA PARA LAJES
MACIÇAS E TRELIÇADAS

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Sergipe como pré-requisito para
a obtenção do grau de Bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovado em: 08 / 04 / 2021

BANCA EXAMINADORA

Prof. D.r Thiago Augustus Remacre Munareto Lima
IFS – Instituto Federal de Sergipe

Prof. D.r José Augusto Andrade Filho
IFS – Instituto Federal de Sergipe

Prof. D.r Emerson Figueiredo dos Santos
UFS – Universidade Federal de Sergipe

Dedicatória

Dedico este trabalho a Lúcia Silva Costa, Doralice Costa de Araújo, Cláudio Modesto dos Santos e Silvia do Amparo Soares

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Lúcia Silva Costa, minha mãe, por ter feito eu me tornar quem sou. Obrigado pelo amor, carinho, cuidados e por todo o apoio incondicional.

A Doralice Costa de Araújo e Cláudio Modesto dos Santos pelo amor, ensinamentos e pela educação.

A Silvia do Amparo Soares, pelo amor, carinho, paciência, incentivo e companheirismo nos mais diversos momentos.

A Luiz Diego Reis Nascimento, Renato da Silva Ribeiro, Tatiane dos Santos e Andresa Santos Carvalho pela amizade sincera de longa data.

A Andrei Vinnicius Macedo da Silva, Raí Augusto dos Santos pela sociedade, parceria, colaboração e amizade iniciada durante o período de curso.

Iago Nathan Barreto Menezes de Souza, Alife dos Santos, e demais amigos que tive o prazer e a honra de conviver ao longo desses anos.

A Leonardo Marcel Felix Rocha, Edimax Lima dos Santos e demais amigos de trabalho que contribuíram com seu apoio e cumplicidade.

Ao meu orientador Thiago Augustus Remacre Munareto Lima pela orientação, conversas, conselhos e por acreditar no meu potencial.

A todos os demais professores do curso de engenharia civil do Instituto Federal de Sergipe, campus Estância que contribuíram com a minha formação.

A todos os funcionários do Instituto Federal de Sergipe, que também contribuíram indiretamente para a minha formação.

A todos aqueles que de alguma forma me incentivaram.

“A incerteza é algo presente, desejável e necessário para a evolução.”

Nassim Nicholas Taleb

RESUMO

A ausência de projetos, bem como o dimensionamento empírico, em vários âmbitos da engenharia civil são um problema recorrente e muito comum no dia a dia das pequenas e médias construtoras. E esse fator se potencializa quando há uma necessidade de dimensionamento e projetos para uma área específica da operacionalização de um canteiro de obra. As etapas de cimbramento, e reescoramento são exemplos de fatores de dimensionamento subestimados em uma obra, em sua grande maioria, todas as etapas de alocação de fôrmas, escoras, e escoramento remanescente são feitas de maneira empírica, prejudicando a estabilidade global da estrutura. Dessa forma, desenvolveu-se um aplicativo móvel voltado a dimensionar estruturas provisórias de cimbramento em madeira para escoramento de vigas contínuas e lajes maciças ou treliçadas, baseado nas normas técnicas ABNT NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto e ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeiras. Utilizando a metodologia ágil FDD (*Feature driven development*) de construção a partir de funcionalidades, o aplicativo foi projetado de modo a captar *inputs* do usuário, relativos às características do escoramento e do elemento estrutural. Assim, a aplicação é capaz de realizar as verificações contidas nas duas normas e posteriormente, dimensionar as escoras quanto a carga de utilização e peso próprio dos elementos estruturais, a uma margem de segurança de 15% e com toda a confiabilidade e referência aos padrões normativos. E a partir daí, entregar um projeto de escoramento contendo o quantitativo e a posição das escoras, taxa de utilização das escoras quanto ao carregamento, uma planilha com os parâmetros necessários à sua execução, e tudo isso junto a um layout de fácil usabilidade e acesso por parte de qualquer usuário com conhecimentos mínimos de engenharia.

Palavras-chave: Cimbramento; Escoramento; Dimensionamento; Aplicativo móvel; ReEscore.

ABSTRACT

The absence of projects, as well as the empirical dimensioning, in various areas of civil engineering are a recurring and very common problem in the daily life of small and medium-sized construction companies. And this factor is enhanced when there is a need for dimensioning and projects for a specific area of the operationalization of a construction site. The shearing steps, and the re-shoring are examples of underestimated design factors in a work, in the vast majority, all stages of the allocation of forms, struts and remaining shoring are carried out in an empirical manner, harming the overall stability of the structure. In this way, a mobile application was developed aimed at provisional dimensions of wooden framing for shoring of continuous beams and solid or lattice slabs, based on technical standards ABNT NBR 15696 - Formwork and shoring for concrete structures and ABNT NBR 7190 - Design of wooden structures. Using the agile methodology FDD (Feature driven development) based on functionalities, the application was designed in order to capture user input, relative to the characteristics of the shoring and the structural element. Thus, the application is able to carry out the checks contained in the two standards and, subsequently, dimension as props according to the load of use and own weight of the elements made available, with a safety margin of 15% and with all confidence and reference to the normative standards. From then on, deliver a shoring project containing the quantity and position of the struts, rate of use of the struts for loading, a spreadsheet with the parameters added to their execution, and all this together with an easy-to-use layout and access by part of any user with engineering knowledge.

Keywords: Shoring, timbering, Dimensioning, Mobile Application, ReEscore Lajes.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Sistema tradicional de fôrmas de madeira para vigas.	19
Figura 2 – Escoramento de madeira eucalipto em laje nervurada.	20
Figura 3 – Planos fundamentais da madeira.	22
Figura 4 – Diâmetro nominal (d) de madeira roliça ($d \leq 1,5d_{\text{mín}}$)	23
Figura 5 – Laje maciça.	28
Figura 6 – Componentes do cimbramento da laje maciça.	29
Figura 7 – Vigotas treliçadas e enchimento com lajota cerâmica.	30
Figura 8 – Esquema laje treliçada.	30
Figura 9 – Processos desenvolvidos na metodologia FDD.	32
Figura 10 – Wireframes.	34
Figura 11 – Fluxograma de dados do aplicativo.	35
Figura 12 – Condições de contorno da laje modelada: concreto endurecido.	38
Figura 13 – (a) Como a escora é normalmente utilizada, (b) Como a escora foi modelada.	39
Figura 14 – Informações do aplicativo.	40
Figura 15 – Logotipo.	40
Figura 16 – Tela inicial.	41
Figura 17 – Laje treliçada.	41
Figura 18 – Tipo de enchimento.	42
Figura 19 – Espessura da capa.	42
Figura 20 – Dimensões laje t.	43
Figura 21 – Características da laje exemplo.	43
Figura 22 – Tela escoramento.	44
Figura 23 – Espécies de madeira.	44
Figura 24 – Informativo.	45
Figura 25 – Tempo de duração.	45
Figura 26 – Características do Escoramento.	46
Figura 27 – Resultados	46
Figura 28 – Projeto de escoramento	47
Figura 29 – Planilha XLS salva	47
Figura 30 – Planta baixa e corte	48
Figura 31 – Perspectiva e notas	48
Figura 32 – Parâmetros da laje treliçada.	49

Figura 33 – Parâmetros do escoramento.	49
Figura 34 – Resultados 1ª validação	50
Figura 35 – Parâmetros da laje treliçada.	54
Figura 36 – Parâmetros do escoramento	54
Figura 37 – Resultados 2ª validação	55

LISTA DE ABREVIATURAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica

API – *Application Programming Interface* (interface de programação de aplicações)

APP - APLICATIVO

BIM – *Building Information Modeling* (modelagem de informações da construção)

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia

IDE – *Integrated Development Environment* (ambiente de desenvolvimento integrado)

IFS – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Sergipe

IPT – Instituto de Pesquisas Tecnológicas

INPI – Instituto Nacional da Propriedade Intelectual

KMOD – Coeficiente de modificação da madeira

TI – Tecnologia da Informação

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVOS	16
1.1.1 Objetivo Geral.....	16
1.1.2 Objetivos Específicos	16
1.2 JUSTIFICATIVA	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1 CIMBRAMENTO E ESCORAMENTO	18
2.2 MADEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	19
2.2.1 Classificação Das Madeiras	20
2.2.2 Escoras De Madeira	21
2.3 DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CIMBRAMENTO	22
2.3.1 Dimensionamento De Peças A Compressão.....	22
2.3.1.1 Peças Curtas	23
2.3.1.2 Peças Medianamente Esbeltas.....	24
2.3.1.3 Peças Esbeltas	25
2.4 CONCRETO ARMADO	26
2.4.1 Lajes Maciças De Concreto Armado	27
2.4.2 Lajes Treliçadas	29
2.5 USO DE APLICATIVOS MÓVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL	30
2.6 METODOLOGIAS ÁGEIS	31
2.6.1 Metodologias Ágeis Para Desenvolvimento De Softwares	31
2.6.1.1 Metodologia FDD	32
3. METODOLOGIA	34
3.1 DOCUMENTAÇÃO E FUNCIONALIDADES	38
3.2 ALGORITMO E CÁLCULOS	38
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	41
4.1 INTERFACE E NAVEGAÇÃO.....	42
4.2 TESTES E VALIDAÇÕES	49
4.2.1 1ª Validação.....	49
4.2.2 2ª Validação.....	54
5. CONCLUSÃO.....	59

REFERÊNCIAS	60
ANEXO A – Tabela classe de carregamento da ABNT NBR 7190.....	65
ANEXO B – Tabela de Fatores de combinação e utilização, ABNT NBR 7190.....	66
ANEXO C – Tabela de Classe de umidade ABNT NBR 7190.	67
ANEXO D – Tabelas Kmod1, Kmod2, ABNT NBR 7190.....	68
ANEXO E – Tabelas classe de resistência coníferas e dicotiledôneas, ABNT NBR 7190.	69
ANEXO F – Tabela coeficiente de fluência, ABNT NBR 7190.	70
ANEXO G – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT – Eucalipto <i>grandis</i>	71
ANEXO H – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT – Bracatinga (<i>mimosa scabrella</i>).....	72
ANEXO I – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT – Pinho-do-Paraná (<i>Araucaria angustifolia</i>).....	73
ANEXO J – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT – Pinus (<i>Pinus elliottii Engelm</i>).....	74
APÊNDICE A – Documentação e Funcionalidades do Aplicativo ReEscore Lajes – Dimensionamento em Madeira.....	75

1. INTRODUÇÃO

O mercado de aplicativos móveis é um dos mercados que mais cresce e movimenta altos volumes financeiros ao redor do mundo, é o que aponta um relatório da SensorTower, revelando que apenas no primeiro semestre de 2019 já foram gastos quase US\$ 40 bilhões em compras de aplicativos para smartphones (SENSOR TOWER, 2019). E o Brasil é um mercado em potencial e em expansão, sendo o segundo mercado de apps que mais cresce no mundo. (ADJUST, 2019). Dessa forma, as soluções de problemas desenvolvidas em plataformas *mobilem* tem uma grande perspectiva de futuro e crescimento, além de apresentarem-se na maioria das vezes de maneira mais prática, fácil, e ao toque do seu usuário.

Para o setor da construção civil, no entanto, é um desafio usar tecnologias devido às características organizacionais e culturais (MICHALOSKI et al., 2010). Assim, é importante desenvolver competências e propostas inovadoras que busquem solucionar vários dos problemas encontrados no âmbito da engenharia civil, bem como destacam Chen e Kamara (2011) e Bowden et al. (2006) que aplicar computação móvel na construção civil é um dos temas de pesquisa mais importantes na área de Tecnologia de Informação (TI).

Uma das várias áreas da engenharia civil a qual necessita de inovações e melhorias tecnológicas é o cimbramento. Define-se cimbramento o conjunto de elementos-suporte que garantem o apoio consistente, indeformável, resistente às intempéries, às cargas de peso próprio do concreto e das fôrmas, inclusive às cargas decorrentes da movimentação operacional, de modo a garantir total segurança durante as operações de concretagem das unidades estruturais (DER/SP 2006). O cimbramento deve ser projetado de modo a não sofrer deformações prejudiciais ao formato da estrutura, causar esforços não previstos no concreto, quando submetido à ação de seu próprio peso, do peso da estrutura e das cargas acidentais que possam atuar durante a execução da estrutura de concreto. Em um projeto de cimbramento devem ser consideradas a deformação e flambagem dos materiais e as vibrações a que o escoramento está sujeito, bem como há de ser previsto o reescoramento ou escoramento remanescente que tem a função de permitir a desmontagem do cimbramento e desforma.

As estruturas provisórias de maneira geral, são dimensionadas e retiradas de maneira empírica, o que acaba prejudicando todo o comportamento da estrutura, além de comprometer

a segurança da edificação, colaboradores e de todo o canteiro de obras. Uma das maiores tragédias se tratando de acidentes de trabalho no Brasil ocorreu principalmente devido a negligência na retirada das escoras de sustentação nas lajes do pavilhão da Gameleira, em 4 de fevereiro de 1971 em Belo Horizonte – MG. Fato que acabou resultando em 10 mil toneladas de concreto armado vindo ao chão abruptamente, deixando 65 operários mortos e pelo menos 50 feridos (O GLOBO, 2016).

Dessa forma, encontrou-se a necessidade de otimização no processo de cimbramento e reescoramento de elementos estruturais, visto que é uma das etapas construtivas que ocorre uma baixa preocupação em dimensionamento e projeto, além de ser uma das etapas onde ocorrem falhas que acabam levando a posteriores patologias na estrutura. Também há toda a questão econômica como ressalta Marcelli (2007), além dos fatores de segurança da estrutura, deve-se atentar para a necessidade de projetar e executar de maneira correta as fôrmas e estruturas provisórias, pois, quando são projetados ou executados incorretamente, acabam por afetar a questão econômica, pelo fato de gerar serviços adicionais para corrigir os danos, comprometendo a estética, prazos e orçamento.

Buscando por softwares disponíveis no mercado para solucionar os problemas de cimbramento é possível perceber que é um nicho de mercado ainda pouco explorado no Brasil, não há softwares com a mesma premissa registrados junto ao INPI, muito menos disponíveis nas principais lojas mobile online (Google play).

Assim, a proposta de unir a demanda de melhorias tecnológicas e o uso de aplicações móveis para a solução de problemas relacionados a falta de projeto e dimensionamento de etapas de cimbramento nas obras de construção civil, torna-se necessária. Nessa premissa, optou-se pelo desenvolvimento de um aplicativo móvel para o cálculo do escoramento em madeira, utilizando a linguagem JAVA e a IDE do *Android Studio*®, o qual é um ambiente gratuito de desenvolvimento integrado para desenvolver para a plataforma Android.

Por fim, todo o conceito por trás do desenvolvimento desse aplicativo é pioneiro, possibilitando o registro do software e sua comercialização futura, tal qual a disseminação da importância da programação, desenvolvimento *mobile* e da promoção do uso de tecnologias a favor da engenharia civil.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo Geral

Desenvolver um aplicativo móvel, programado na linguagem JAVA e usando o ambiente de desenvolvimento *Android Studio*®, voltado para dimensionamento de estruturas provisórias de cimbramento e escoras para lajes maciças e treliçadas.

1.1.2 Objetivos Específicos

- Construir a interface, telas e fluxo de navegação do usuário dentro do aplicativo;
- Desenvolver a programação responsável pelo funcionamento da aplicação;
- Implementar junto aos algoritmos do software os cálculos de dimensionamento contidos nas normas ABNT NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – projeto, dimensionamento e procedimentos executivos e a ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira;
- Testar e validar o modelo de software a partir de casos de uso.

1.2 JUSTIFICATIVA

É notório que a fase de projeto e dimensionamento é um fator de desempenho determinante em um empreendimento de construção civil, ela determina grande parte das possibilidades de ganhos financeiros durante sua construção, por meio da redução de desperdício, métodos e patologias construtivas e soluções de engenharia (MORAES, 2012). Portanto, proporcionar soluções e melhorias que venham a enriquecer essa fase que é primordial a concepção da construção é de extrema importância. Visto que, decisões na fase de projeto podem influenciar todo o ciclo de vida do empreendimento, a colaboração e compartilhamento de conhecimento entre as equipes traz potencial para melhorar o desempenho dos projetos e minimizar estruturas e processos ineficientes no setor da construção, aumentando o valor agregado ao projeto, obra e operação (MELHADO et al., 2013).

Ou seja, as determinações e pressupostos empíricos na construção acabam por prejudicar os projetos e as próprias construções de forma que o cimbramento acaba sendo negligenciado na maioria das obras realizadas no Brasil. Um fator que prejudica o comportamento estrutural da edificação, além de provocar demais danos e deficiências na estanqueidade das fôrmas, causar risco de fissuramento localizado em estruturas com escoramento errôneo, insuficiente ou excessivo e desnecessário. Aumentando o custo final da obra, gerando possíveis retrabalhos e prejudicando a durabilidade das estruturas em concreto armado executadas com cimbramento deficiente e inapropriado e colocando até a segurança da equipe de concretagem e de edificações vizinhas em risco.

Assim, é papel do engenheiro prover de recursos e métodos para minimizar os problemas ocasionados pelas etapas de cimbramento. Porém, existem fatores que tornam o escoramento de estruturas de concreto utilizado nas obras genérico e sem dimensionamento. Como a insegurança, a falta de conhecimento dos profissionais sobre a necessidade de um projeto de escoramento atrelado ao projeto estrutural e a falta de conhecimento da norma técnica ABNT NBR 15696 - Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.

Portanto, propõe-se desenvolver um aplicativo móvel visando solucionar esses problemas, permitindo com que o engenheiro civil aprimore os projetos estruturais com uma ferramenta para dimensionar de forma simples e eficiente os pontos de escoramento de lajes escoradas com madeira serrada em forma de pontaletes, a qual é uma das formas mais comuns de escoramento de pequenas e médias construções no Brasil. Dessa forma o construtor/executor terá em mãos um projeto de escoramento para trabalhar com maior segurança, respeitando as diretrizes normativas mesmo com ausência de pontos e metodologia de cimbramento em projeto estrutural de lajes maciças e treliçadas. E assim, ter essa proposta de solução de forma automatizada pelo algoritmo do aplicativo, e apresentadas a tela do usuário, contribuindo imensamente para a tomada de decisão, levantamento quantitativo do cimbramento, e a alocação de escoras com segurança nas etapas construtivas, visto que os elementos estruturais vão estar apoiados devidamente e estanques na sua etapa de cura.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 CIMBRAMENTO E ESCORAMENTO

Os cimbramentos são estruturas provisórias destinadas a suportar o peso de uma estrutura em construção até que se torne autoportante (PFEIL, 2017). Assim, o cimbramento é o conjunto de todas as peças utilizadas para garantir estabilidade a um elemento estrutural enquanto o mesmo não está curado, sendo esse composto pelas fôrmas, travessões, guias e as escoras ou também denominadas como pontaletes (Fig. 1).

Já o escoramento refere-se a apenas o conjunto de escoras, que acaba sendo uma estrutura mais enxuta e pode ser adotado em algumas situações construtivas como para suportar o carregamento de alguns tipos de lajes nervuradas e treliçadas. Para Rezende (2010) os elementos do escoramento normalmente dividem-se em: **Suportes:** escoras e torres; **Tramas:** vigotas principais ou longarinas e vigotas secundárias ou barrotes; **Acessórios:** elementos que unem, posicionam e ajustam as anteriores.

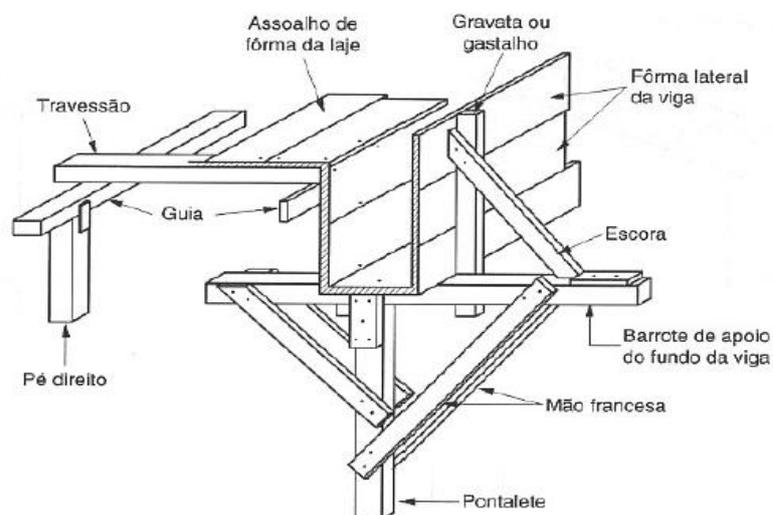


Figura 1: Sistema tradicional de fôrmas de madeira para vigas. (Fonte: PFEIL, 2017).

As formas de escoramento existentes no mercado atualmente são a partir de escoras diametrais metálicas ou de madeira. Sendo o escoramento de madeira (Fig. 2), comumente constituído de escoras de madeira maciça de eucalipto de reflorestamento, tornando o escoramento mais barato e voltado a obras de pequeno porte, como retrata Nazar (2007) é

possível notar, em obras cujo prazo é maior do que dois meses, dificilmente a locação de equipamento metálico se mostra viável.



Figura 2: Escoramento de madeira eucalipto em laje nervurada. (Fonte: Rezende,2010).

As consequências da inexistência de um plano eficiente de escoramento são enormes para a vida útil da estrutura e sucesso do empreendimento, visto que, poderão ocorrer atrasos que prejudiquem a saúde financeira da construção, além de deformações devido a movimentações quanto ao estado de serviço dos elementos estruturais. Naturalmente, todo o cimbramento de uma construção já apresenta gastos elevados. Segundo Nazar (2007), em edifícios habitacionais de múltiplos pavimentos, os custos com cimbramento podem variar de 25% a 30% do custo total da obra, acarretando num acréscimo considerável no preço de venda do imóvel. No Brasil, a ABNT NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – projeto, dimensionamento e procedimentos executivos preconiza sobre os parâmetros a serem seguidos durante todo o processo que abrange o cimbramento em um canteiro de obras.

2.2 MADEIRAS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

A madeira é um dos materiais de construção mais antigos existentes, muito por conta da sua disponibilidade histórica na natureza, quanto pela sua versatilidade e facilidade de

manuseio. Possui várias vantagens na sua aplicação, como a elevada resistência, isolamento térmico e estética agradável (SZUCS et al, 2016).

Atualmente, ainda existe no Brasil um grande preconceito em relação ao emprego da madeira. Isto se deve ao desconhecimento do material e à falta de projetos específicos e bem elaborados (GESUALDO, F. A. R., 2003). Esse preconceito também acontece pelo fato da madeira estar sujeita a degradação biológica, ataque de fungos e por ser um material combustível a chama, além de historicamente, a madeira não fazer parte da cultura e dos costumes dos brasileiros, estando condicionada a um material de construção de classes extremas, ou usada para casas de baixo custo e moradias improvisadas, ou utilizada como item de luxo.

Outro agravante potencial para a má impressão junto ao uso da madeira são as questões ecológicas e de preservação ambiental, o desmatamento predatório das florestas põe em risco a vida de várias espécies de árvores e de animais nativos. No entanto, o adequado estímulo às atividades florestais, desde que executadas de forma ecologicamente correta, é importantíssimo e urgente, trazendo a abertura de novos mercados e desenvolvimento de atividades econômicas (NAZAR, N. 2007).

A madeira trata-se de um material renovável e a extração da árvore e o seu desdobro são processos que consomem baixos níveis de energia, (GESUALDO, F. A. R., 2003) quando em comparação a produção de cimento e do aço siderúrgico por exemplo, que também compõem os elementos estruturais mais utilizados nos dias atuais.

2.2.1 Classificação Das Madeiras

De maneira geral as madeiras classificam-se em duas categorias principais sendo madeiras duras e macias. As madeiras duras, *hardwoods* ou madeiras frondosas caracterizam-se como as provenientes de espécies dicotiledôneas, da classe angiosperma, de folhagem larga e achatada (PFEIL, 2017). Algumas das espécies características são a peroba, ipê, aroeira, carvalho e eucalipto.

As madeiras macias, designadas internacionalmente como *softwoods*, são provenientes em geral das árvores coníferas da classe gimnosperma, com folhagem em forma de escamas ou

agulhas (PFEIL, 2017). Algumas das espécies de coníferas são o pinheiro-do-paraná, pinheirinho ou pinheiros europeus e norte-americanos. No entanto tais classificações distinguem-se devido à estrutura celular dos troncos, não sendo necessariamente feita pela resistência.

Logo, a partir das células que compõem o tronco da madeira são encontradas as fibras, que entre os demais elementos, destacam-se pela subdivisão de eixos ou planos fundamentais, os quais são relacionados às direções das fibras como exposto na (Fig. 3). Sendo assim, todo o dimensionamento de peças em madeira está vinculado a direção das fibras.

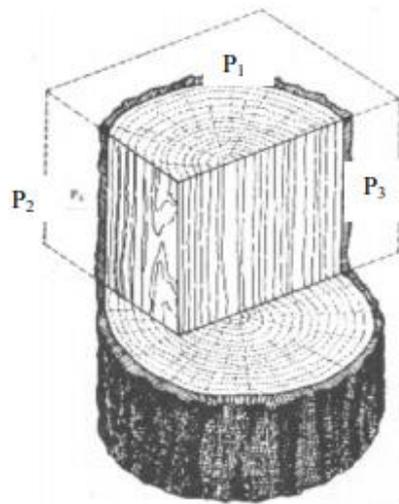


Figura 3: Planos fundamentais da madeira: (P1) Plano transversal, (P2) Plano tangencial, (P3) Plano radial.

(SZUCS et al, 2016 apud LEPAGE, 1986).

2.2.2 Escoras De Madeira

A madeira roliça é a mais comum a ser utilizada na forma de escoramento ou na construção de estruturas provisórias. As madeiras roliças de uso mais frequente no Brasil são o pinho-do-paraná e os eucaliptos (PFEIL, 2017).

A umidade nas madeiras que servirão de escoras é um fator importante a ser levado em consideração no dimensionamento, a umidade acaba variando muito a depender das espécies e época do ano. Portanto, a etapa de secagem é fundamental para garantir uma madeira com baixo teor de umidade e sem defeitos. As madeiras roliças que não passaram por um período mais ou

menos longo de secagem, ficam sujeitas a retrações transversais que provocam rachaduras em suas extremidades. As peças roliças de diâmetro variável (Fig. 4) (em forma de tronco de cone) para efeito de cálculo são comparadas a uma peça cilíndrica de diâmetro igual ao do terço da peça (PFEIL, 2017).

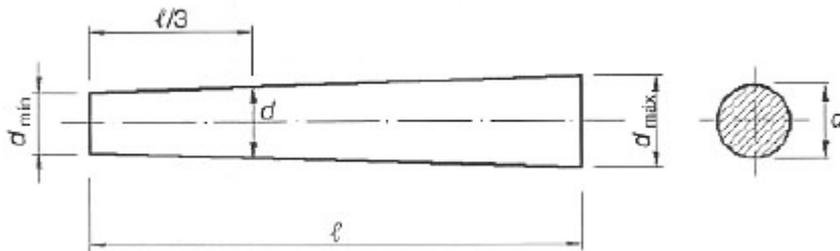


Figura 4: Diâmetro nominal (d) de madeira roliça ($d \leq 1,5d_{\min}$). (Fonte: PFEIL, 2017).

2.3 DIMENSIONAMENTO DE ESTRUTURAS DE CIMBRAMENTO

A partir da importância destacada sobre os projetos de cimbramento e escoramento para as obras, dimensionar essas estruturas é fundamental para o funcionamento projetado dos elementos estruturais, tal qual a organização, segurança e praticidade que recai sobre todo o canteiro de obras. A ABNT NBR 15696 determina que para escoramentos em madeira, deverão ser seguidos os critérios de dimensionamento da norma brasileira de madeiras, a ABNT 7190, quando se tratar de dimensionamento de peças em compressão, como é o caso das escoras ou pontaltes. Nesse caso, o dimensionamento é feito verificando a flambagem local nos postes de escoramento.

Ao ser comprimida axialmente, uma coluna esbelta apresenta uma tendência de deslocamento lateral, esta é denominada flambagem por flexão. (PFEIL, 2017). Portanto, é necessário verificar quanto a flambagem as peças submetidas a carregamentos axiais, pois para o caso de peças esbeltas, o seu colapso se dá antes pela flambagem, e não pelo esmagamento das fibras.

2.3.1 Dimensionamento De Peças A Compressão

Peças submetidas a esse tipo de carregamento sofrem o esmagamento das fibras que compõem a madeira ou ainda, sofrem por instabilidades associadas aos esforços de segunda

ordem provocados pela flambagem por carga crítica de Euler que provoca o fenômeno da mudança do estado de equilíbrio estável para o instável (SZUCS et al, 2016).

Portanto, a NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira, classifica três tipos de situações possíveis de peças, as curtas, medianamente esbeltas, e esbeltas. Essa classificação depende do índice de esbeltez da peça, que pode ser obtido na (Eq. 1):

$$\lambda = \frac{L_0}{r_{min}} \quad (\text{Eq. 1})$$

Onde: λ = índice de esbeltez;

L_0 = comprimento de flambagem;

r_{min} = raio de giração.

Sendo o comprimento de flambagem como o comprimento efetivo da peça.

2.3.1.1 Peças Curtas

A peça é considerada curta quando do índice de esbeltez obtém-se $\lambda \leq 40$. Nessa situação, a forma de ruptura da peça se dá pelo esmagamento das fibras da madeira, sendo verificada pela equação (Eq. 2) de compressão simples paralela às fibras.

$$\sigma_{c0d} = \frac{Nd}{Aw} \leq f_{c0d} \quad (\text{Eq. 2})$$

$$\sigma_{c0d} = MPa$$

Onde: σ_{c0d} = tensão de projeto devido esforços de compressão;

Nd = esforço normal solicitante;

Aw = área bruta da seção transversal;

f_{c0d} = resistência de projeto aos esforços de compressão paralelos a fibra.

Onde, f_{c0d} pode ser descrito pela (Eq. 3)

$$f_{c0d} = KMOD * \frac{f_{c0k}}{1,4} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$f_{c0d} = MPa$$

Em que: f_{c0k} = tensão característica da madeira a esforços de compressão;

KMOD = coeficiente de modificação.

2.3.1.2 Peças Medianamente Esbeltas

A peça é considerada medianamente esbelta quando do índice de esbeltez obtém-se no intervalo de $40 \leq \lambda \leq 80$. Nessa situação, a forma de ruptura da peça se dá pelo esmagamento das fibras da madeira ou por flexão por perda de estabilidade.

Para a verificação de peças a essa condição, a ABNT NBR 7190 não exige a verificação à compressão simples, apenas a condição de flambagem local causando perda de instabilidade precisa ser verificada. Para isso, primeiramente faz-se necessário obter o valor de excentricidade acidental (e_a) causada por deformidades geométricas da peça. Dada por (Eq. 4).

$$e_a = \frac{L_0}{300} < \frac{d}{30} = \text{cm} \quad (\text{Eq. 4})$$

Sendo d, o diâmetro da peça.

Posteriormente, é necessário encontrar a carga crítica de Euler (Eq. 5), que é expressa por:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{c0f} I}{L_0^2} = kN \quad (\text{Eq. 5})$$

Onde: N_{cr} = carga crítica de Euler;

I = momento de inércia da seção transversal;

E_{c0f} = módulo de elasticidade da madeira

Também é necessário obter o valor da excentricidade de primeira ordem (e_1) (Eq. 6), que é dada pela soma da excentricidade acidental (e_a), com a excentricidade decorrente dos valores de cálculo M_{1d} e N_d (e_i) como demonstrado na (Eq. 7).

$$e_1 = e_a + e_i = \text{cm} \quad (\text{Eq. 6})$$

$$e_i = \frac{M_{1d}}{N_d} = \text{cm} \quad (\text{Eq. 7})$$

Para o caso de treliças bi articuladas a ABNT NBR 7190 dispensa a necessidade de um valor mínimo para e_i .

Para a excentricidade de projeto têm-se (Eq. 8):

$$e_d = e_1 * \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - N_d} \right) = \text{cm} \quad (\text{Eq. 8})$$

A partir daí, é possível encontrar o momento fletor atuante na peça (Eq. 9).

$$M_d = N_d * e_d = \text{kN/cm}^2 \quad (\text{Eq. 9})$$

Para a ABNT NBR 7190 considera-se atendida a condição de segurança relativa ao estado limite último de instabilidade, se no ponto mais comprimido da seção transversal for respeitada a condição imposta na (Eq. 10).

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cod}} \leq 1 \quad (\text{Eq. 10})$$

Onde: σ_{Nd} é a tensão a compressão de projeto devido a força normal de compressão, sendo reescrito em forma de $\frac{N_{sd}}{A_w}$. E σ_{Md} é a tensão de projeto oriunda do momento fletor, também escrita como $\frac{M_d}{W}$, sendo W o módulo de rigidez da peça em cm^3

2.3.1.3 Peças Esbeltas

São peças com índice de esbeltez entre $80 \leq \lambda \leq 140$, e a forma de colapso de peças esbeltas ocorre por flexão a partir da perda de estabilidade lateral, a flambagem. A verificação da estabilidade de peças esbeltas é similar as peças medianamente esbeltas, com algumas diferenças, a maior dela sendo a excentricidade gerada a partir da fluência das cargas (que é a deformação lenta a partir de um esforço permanente e se traduz em um aumento de momento de projeto M_d), que pode ser expressa pela (Eq. 11) a seguir:

$$e_c = (e_i + e_a) \left\{ \exp \left[\frac{\phi(N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk})}{N_{cr} - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\} = \text{cm} \quad (\text{Eq. 11})$$

Sendo $\psi_1 + \psi_2 \leq 1$.

Onde ψ_1 , ψ_2 são coeficientes de relacionados às cargas acidentais e secundárias da norma de madeiras, ϕ é o coeficiente de fluência, exposto na tabela em (ANEXO F), N_{gk} e N_{qk} são respectivamente valores característicos da força normal de compressão devido a cargas permanentes e variáveis.

$$M_d = Nd(e_1 + e_c) * \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - Nd} \right) = kN/cm^2 \quad (\text{Eq. 12})$$

A partir do momento fletor solicitante (Eq. 12) é possível verificar a condição de segurança e estabilidade das peças esbeltas utilizando a (Eq. 10).

2.4 CONCRETO ARMADO

O concreto é um material composto, constituído por cimento, água, agregado miúdo (areia) e agregado graúdo (pedra ou brita), e ar. E o mesmo pode sofrer a adição de outros componentes para a melhoria das suas propriedades (BASTOS, P. S. S., 2006). O concreto é um material que apresenta alta resistência às tensões de compressão, porém, apresenta baixa resistência à tração (cerca de 10 % da sua resistência à compressão) dessa forma, para a adoção de um sistema estrutural faz-se necessário a junção de um material de alta resistência a tração, comumente utiliza-se o aço. Assim, surge o concreto armado composto pelo concreto e por armaduras (barras de aço) (BASTOS, P. S. S., 2006).

O uso do concreto armado nas estruturas se dá pela sua composição, que se adapta a qualquer forma estrutural, atendendo a inúmeras concepções arquitetônicas (GIONGO, J. S. 2007). Assim, o concreto armado compõe um sistema construtivo muito utilizado, que além da flexibilidade de aplicação conta com vantagens como a economia por conter matérias primas de baixo custo, é impermeável, resistente a influências atmosféricas, desgaste mecânico, choque e a vibrações. No entanto, também há desvantagens das quais é possível citar, o peso próprio elevado, a fissuração, a transmissão de som e calor e a dificuldade de execução em adaptações e reformas (BASTOS, P. S. S., 2006).

2.4.1 Lajes Maciças De Concreto Armado

As lajes são os elementos estruturais que têm a função básica de receber as cargas de utilização das edificações, aplicadas nos pisos, e transmiti-las às vigas. (ARAÚJO, 2014) Dessa forma, as ações como pessoas, móveis, revestimentos, paredes e dentre outros mais variados tipos de cargas são em sua maioria distribuídos perpendicularmente ao plano da laje, como forças atuando de maneira concentrada ou distribuída linearmente. A laje maciça (Fig. 5) possui espessura uniforme ao longo do seu contorno, contudo, com restrições da mesma segundo a ABNT NBR 6118.

As lajes maciças de concreto armado têm como vantagens numa construção, o baixo percentual de deformação, execução simples e rápida, porém de acordo com Sphor (2008), o vão médio usual compreende-se entre 3,5 e 5 metros.



Figura 5: Laje maciça. (Fonte: Vituhab -UFSC).

Este tipo de estrutura naturalmente apresenta um peso próprio mais elevado quando em comparação a outros tipos de lajes (nervuradas, treliçadas e etc), no entanto, se justificam para situações de projeto com cargas mais elevadas e maiores movimentações estruturais, sendo menos utilizadas em obras de pequeno porte e habitações populares. Seu cimbramento requer uma estrutura composta de escoras, tábuas, calços e de painéis estanques para servir de forma ao capeamento da laje, como exemplificado na (Fig. 6).

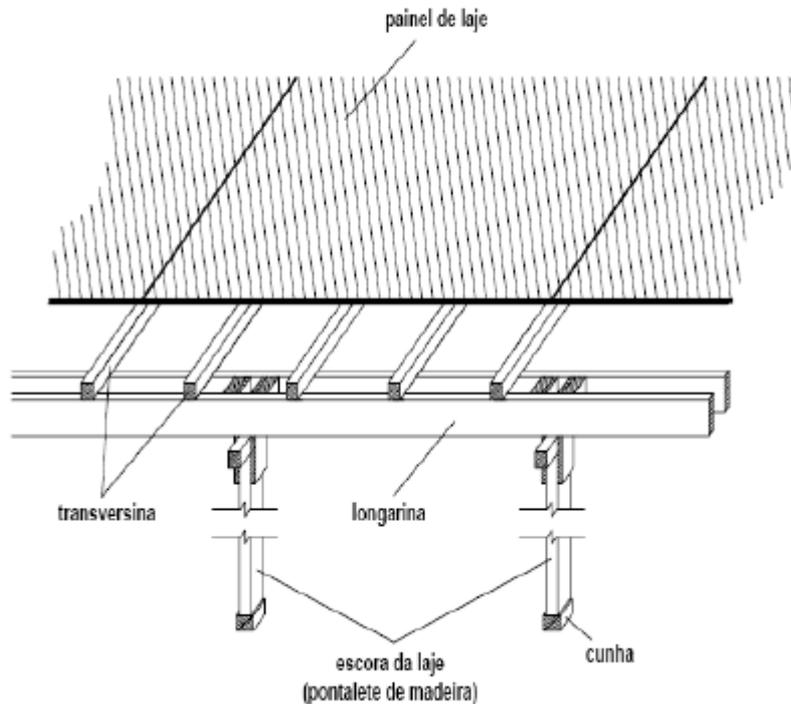


Figura 6: Componentes do cimbramento da laje maciça. (Fonte: REZENDE, R. B. 2010).

2.4.2 Lajes Treliçadas

As lajes treliçadas ou também denominadas nervuradas, podem ser consideradas como uma evolução construtiva as lajes maciças.

A região de concreto tracionada, que não colabora na resistência dos esforços principais, mas é fundamental na garantia da aderência entre aço e concreto, pode ser parcialmente removida permitindo a conformação das nervuras a partir da utilização de elementos inertes mais leves que o concreto. (AVILLA JUNIOR, J. 2009. p. 61).

De maneira geral, as lajes treliçadas são compostas por vigotas treliçadas pré fabricadas de tamanhos distintos, e de elementos de enchimento que em sua maioria são blocos de EPS ou lajota cerâmica (Fig. 7). Os elementos de enchimento situados entre as vigotas diminuem o peso próprio da laje e servem de forma para a camada de capeamento de concreto, responsável por resistir aos esforços de compressão da laje. A camada de capeamento também recebe uma armadura de distribuição para conter os esforços de tração dos quais o concreto não consegue resistir.



Figura 7: Vigotas treliçadas e enchimento com lajota cerâmica. (Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas Acerlomittal).

As lajes treliçadas apresentam uma montagem e execução mais rápida quando comparada as lajes maciças, menor peso próprio, menor custo e redução de fissuras. A (Fig. 8) demonstra o esquema de montagem de uma laje treliçada.

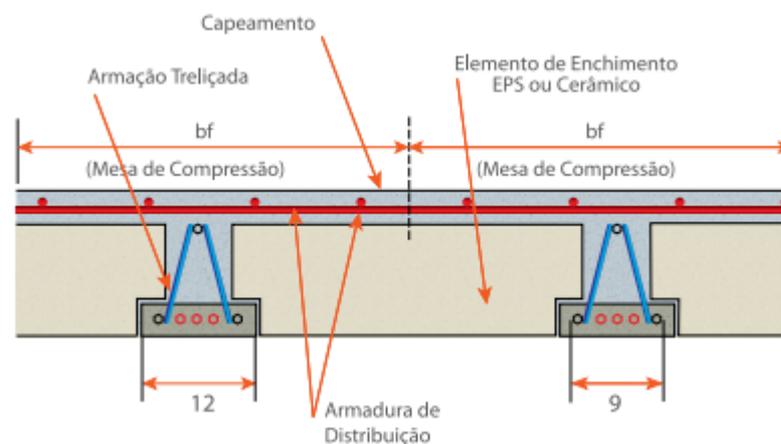


Figura 8: Esquema laje treliçada. (Fonte: Manual técnico de lajes treliçadas Acerlomittal).

O cimbramento de lajes treliçadas é mais simples que o de lajes maciças por exemplo, devido a um menor peso próprio da laje em questão, e a ausência do painel para a estanqueidade da laje, visto que os elementos de enchimento se encarregam dessa função, não sendo necessária fôrma.

2.5 USO DE APLICATIVOS MÓVEIS NA CONSTRUÇÃO CIVIL

Atualmente, a maioria dos softwares existentes e utilizados amplamente na engenharia limitam-se aos projetos, e não a execução, ou ao acompanhamento e compatibilidade dos projetos. Um dos principais motivos de atrasos da obra, aparecimento de patologias e desperdício de materiais e mão de obra é devido às divergências dos projetos no período de execução. Em vista disso percebe-se a importância da compatibilização de projetos, na qual proporciona o ajuste entre eles (CARRIJO et al, 2019. Apud CORAL,2013). Essa compatibilização é otimizada com o uso dos softwares que em sua maioria utilizam-se da tecnologia BIM para isso.

O termo BIM tem a definição *Building Information Modeling*, uma ferramenta que visualiza o espaço projetado e suas informações de diversas especialidades, visando uma melhor produtividade (CARRIJO et al, 2019. Apud CRESPO; RUSCHEL, 2007). Alguns dos processos de compatibilização com a tecnologia BIM podem ser verificados com o uso de smartphones de modo a integrar novas mudanças e adaptações sujeitas ao dia-a-dia do canteiro de obras direto com o projeto e o projetista. Porém, de maneira geral, a maior parte da utilização dessa tecnologia ainda está implantada e restrita às plataformas *Desktop*.

Entretanto, os aplicativos móveis estão presentes no cotidiano da imensa maioria das pessoas e também de praticamente todos os profissionais da engenharia. Segundo dados do estudo “*State of mobile 2019*” da *App Annie*, onde aponta que os aplicativos chegam a ocupar em média 3 horas do dia-a-dia dos usuários ao redor do mundo, além de ser um mercado que movimentou 101 bilhões de dólares em 2018, com um número recorde de 194 bilhões de downloads das mais variadas aplicações (APP ANNIE, 2019). fazendo-se necessário uma migração progressiva de processos da obra para dentro dos smartphones.

2.6 METODOLOGIAS ÁGEIS

2.6.1 Metodologias Ágeis Para Desenvolvimento De Softwares

As metodologias ágeis são amplamente utilizadas no desenvolvimento de projetos de softwares, devido à grande praticidade de gerenciamento do tempo e das atividades a serem desenvolvidas.

A metodologia ágil com custo baixo e entregas rápidas pode contribuir no desenvolvimento de projeto de software para qualquer tipo de empresa e ser agregada à metodologia tradicional (SILVA et al, 2013). O acompanhamento contínuo e muitas vezes diário acelera e qualifica os processos de desenvolvimento, visto que toda a programação é realizada em forma de testes incrementais e remodelação, com comunicação interpessoal e colaborativa.

2.6.1.1 Metodologia FDD

Feature-Driven Development (FDD) é uma metodologia de desenvolvimento de software que inclui alguns benefícios de processos rigorosos, como modelagem, planejamento prévio e controle do projeto, assim como contém características de processos ágeis, como foco na programação, interação constante com o cliente e entrega frequente de versão do produto (SILVA et al, 2009). Portanto, dentro da metodologia FDD os processos tem como objetivo iniciar pequenas iterações que normalmente duram em torno de duas semanas, onde ao final acontece a entrega de uma parte do software funcionando (HIGHSMITH, 2002).

A metodologia FDD busca o desenvolvimento por funcionalidade, ou seja, por um requisito funcional do sistema. É prática para o trabalho com projetos iniciais ou projetos com codificações existentes. E baseia-se em um conjunto de ações como descritas na (Fig. 9) que devem ser cumpridas para garantir êxito em um projeto de software.

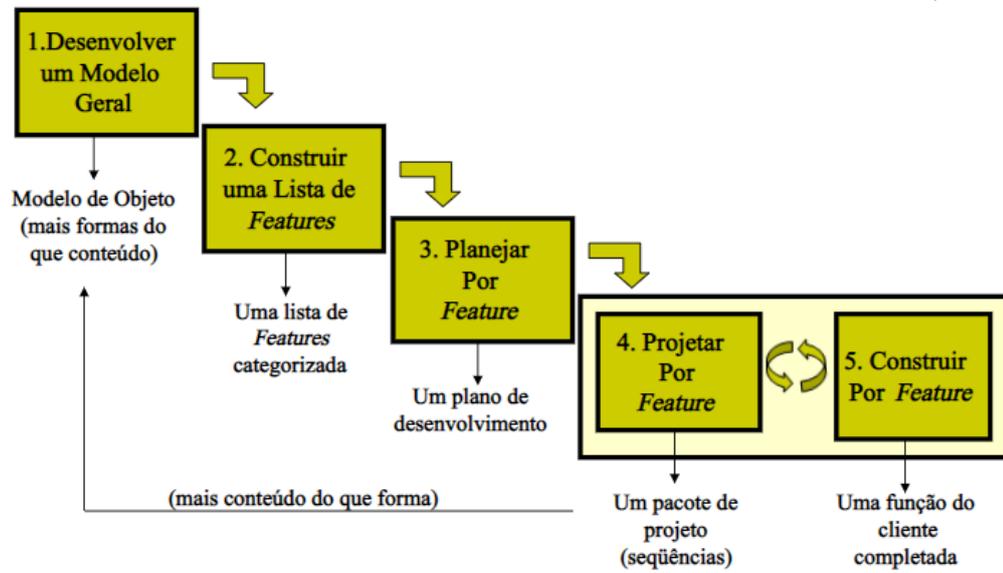


Figura 9: Processos desenvolvidos na metodologia FDD. (Fonte: CEDRO Technologies)

3. METODOLOGIA

O aplicativo foi construído numa IDE (Integrated Development Environment) ou ambiente desenvolvimento integrado, que é um programa de computador que reúne características e ferramentas de apoio ao desenvolvimento de software. A IDE adotada foi o *Android Studio*®, uma aplicação nativa do sistema operacional *Android*, e desenvolvida pelo *Google*. Já a linguagem de programação utilizada foi o JAVA que é uma linguagem de alto nível, orientada a objetos, segura, multitarefas, e distribuída com um vasto número de bibliotecas.

A metodologia idealizada para a construção do protótipo é baseada no modelo ágil, de forma que exista uma transparência garantida em todos os processos que envolvam o resultado e que sejam claras para ambas as partes envolvidas no projeto. Dessa forma, existem várias metodologias de desenvolvimento classificadas como ágil, e dentre elas optou-se pela FDD.

Adotando e adaptando a metodologia FDD para o protótipo em questão, as ações serão as descritas a seguir:

Desenvolver um Modelo Abrangente: A partir do que se pretende com o protótipo em questão, as ferramentas e o conceito por trás da aplicação, desenvolve-se um modelo do projeto, assim as ações nessa fase foram adaptadas a estudos e a consulta bibliográfica sobre ferramentas, linguagem, bibliotecas e melhorias no modelo inicialmente pensado do aplicativo.

Construção das funcionalidades: As ações desenvolvidas nessa fase corresponderam a arquitetura de desenvolvimento dos *Wireframes* (Fig. 10) que são os esboços iniciais das telas contidas no aplicativo e da *storyboard* (Fig. 10) que corresponde a um roteiro que ajudará a entender a conexão entre cada tela e como o usuário pode navegar pelo aplicativo.

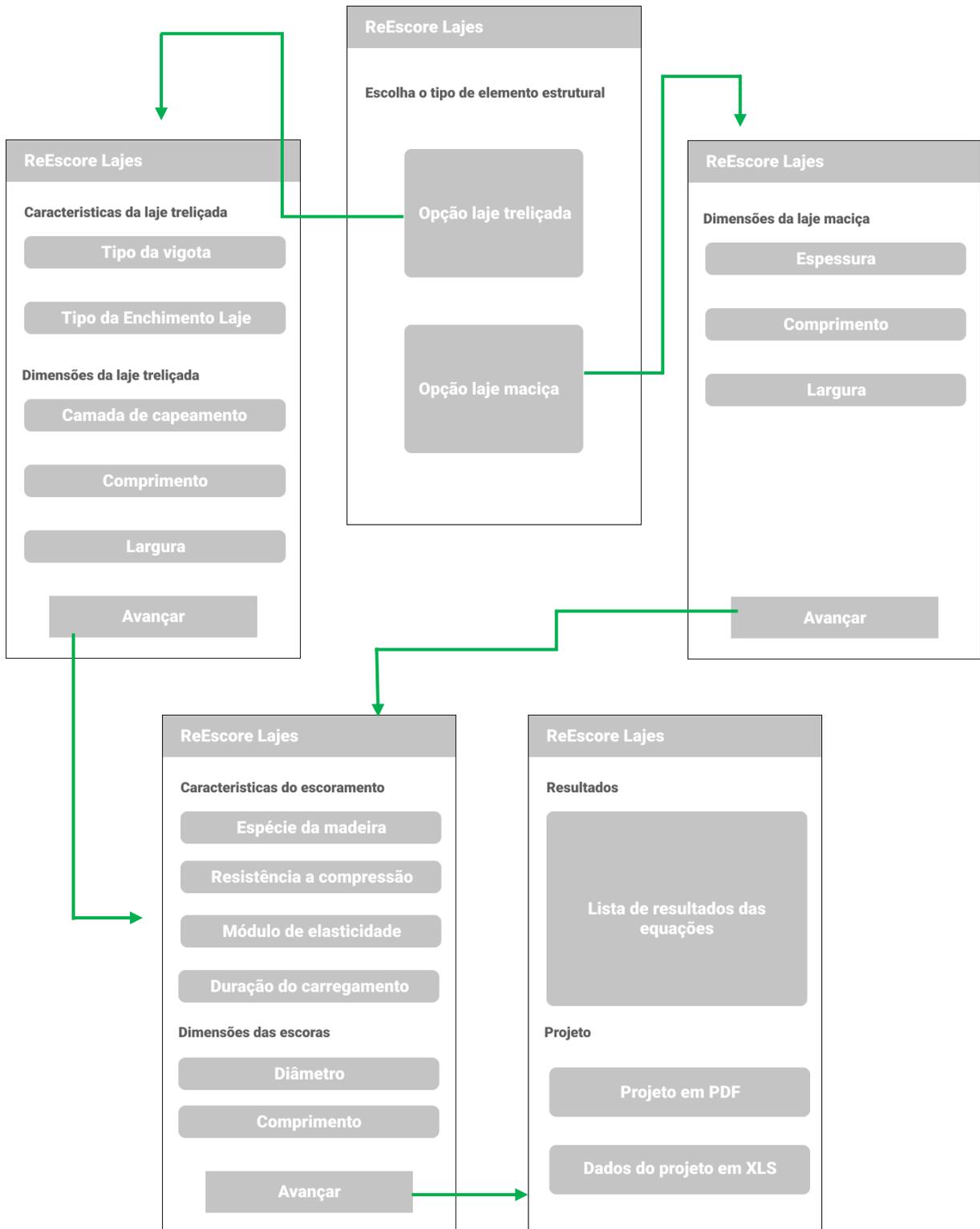


Figura 10: Wireframes. (Fonte: Autor).

A *storyboard* da aplicação pode ser melhor exemplificada quanto ao processamento dos *inputs* e *outputs* a partir do fluxograma exposto na (Fig. 11) abaixo:

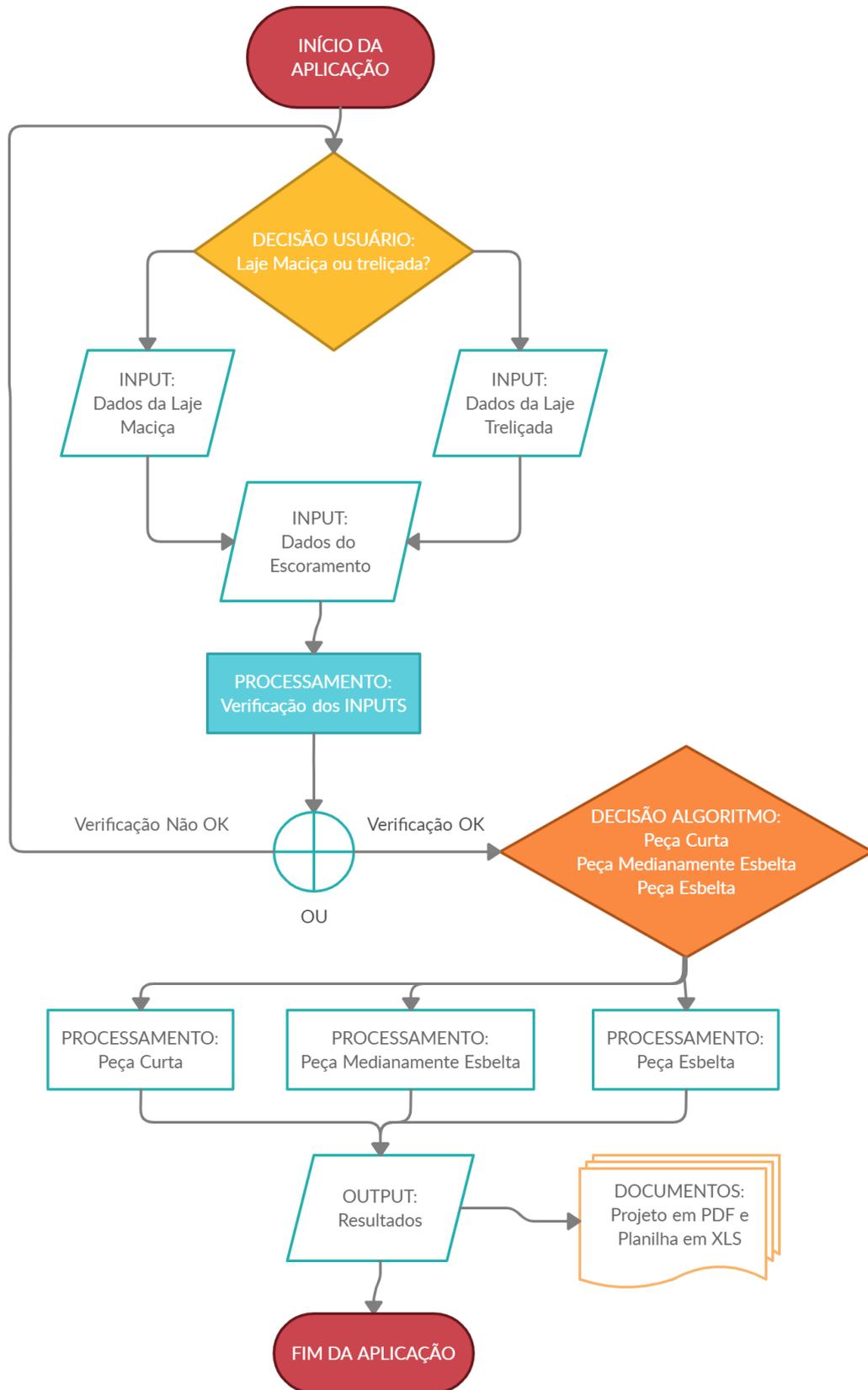


Figura 11: Fluxograma de dados do aplicativo. (Fonte: Autor).

Planejar por funcionalidade: O desenvolvimento nessa etapa compreendeu-se ao planejamento da estrutura do algoritmo lógico que sustenta o aplicativo de forma a elaborar os diagramas de dados. Assim, serão idealizadas as entradas de dados do usuário: tipo de elemento estrutural, dimensões e utilização quanto às cargas, bem como as limitações a serem respeitadas pelo algoritmo, como valores fixados de coeficientes de modificação KMOD das madeiras, dimensões de lajes com até 4 metros de comprimento, e as demais características da madeira utilizada no escoramento. Restringindo os cálculos a serem executados pela programação lógica a ser desenvolvida.

Outra ação a ser planejada nessa fase foram as saídas e a resposta do aplicativo quanto aos dados de entrada, inicialmente o usuário irá fornecer os parâmetros para com que o cálculo seja processado. Após este processamento o aplicativo irá fornecer as pranchas de projeto de escoramento, plotadas em um arquivo em formato PDF que pode ser visualizado via aplicativo e posteriormente compartilhado para impressões, bem como uma planilha em formato XLS com informações adicionais, como o tipo da vigota treliçada utilizado, dimensões do elemento estrutural e etc.

O projeto fornecido a partir do cálculo do aplicativo resulta em pranchas que contém: vista em planta baixa, em corte e em perspectiva dos elementos estruturais e dos pontos de escoramento, detalhamento do cimbramento e notas de projeto conforme as determinações das normas técnicas ABNT NBR 14931 - Execução de estruturas de concreto – Procedimento e da ABNT NBR 15696 Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto — Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.

Construção por funcionalidade: A partir da finalização das etapas anteriores, seguiu-se com o desenvolvimento dos algoritmos, onde foram produzidas as interações entre o usuário e o aplicativo, produzindo-se cada interação, para cada funcionalidade definida anteriormente, assim obtendo o código responsável por fazer a aplicação funcional, com os respectivos cálculos sendo executados de forma esperada. Ainda nessa fase, também foi otimizada a interface determinada nos *Wireframes* para aprimorar a experiência do stakeholder dentro da plataforma.

Dentro da fase de construção e a partir das funcionalidades destacadas, incrementaram-se inspeções e testes. Realizar inspeções durante e ao final de cada iteração assegura a qualidade

do projeto e do código. O objetivo das inspeções é a detecção de defeitos. É importante que a equipe veja as inspeções como uma ferramenta para eliminação de erros e como uma grande oportunidade de aprendizado (PALMER, 2002).

Portanto, adaptando os aspectos metodológicos de *Feature-Driven Development*, assegurou-se que a construção do protótipo seguiu uma linha cronológica bem definida em ações previamente determinadas para a produção do aplicativo.

3.1 DOCUMENTAÇÃO E FUNCIONALIDADES

Toda documentação pertinente do software está descrita no apêndice A, contendo, entre outros, itens como as premissas básicas de introdução, objetivos e justificativa para o aplicativo, metodologia utilizada, descrição geral do sistema, requisitos funcionais e não-funcionais, modelo de dados, considerações e recomendações.

3.2 ALGORITMO E CÁLCULOS

Todos os códigos responsáveis pelo processamento e cálculo dos inputs do usuário, baseiam-se na norma ABNT NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – projeto, dimensionamento e procedimentos executivos.

A ABNT NBR 15696 determina que para escoramentos em madeira, deverão ser seguidos os critérios de dimensionamento da norma brasileira de madeiras, a ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira. Quando se trata de dimensionamento de peças em compressão, como é o caso das escoras ou pontaletes. Nesse caso, o dimensionamento foi feito verificando a flambagem local nos postes de escoramento.

Dessa forma, como todo o cálculo por trás da verificação quanto à flambagem é realizado a partir de um esforço local, foi necessário transformar o esforço em área, correspondente ao peso próprio da capa de concreto (num intervalo de 1 a 9cm) somado a uma carga acidental de projeto de 7 kN. Esta por sua vez, leva em consideração as cargas de vento de difícil mensuração atuantes sobre as escoras e a própria movimentação de colaboradores sobre as lajes em execução e montagem.

Portanto, dada a dificuldade encontrada quanto a obtenção de coeficientes que retratassem a realidade da situação in-loco, bem como na inserção de demais inputs ao usuário, foi realizada uma correlação grosseira junto a norma ABNT NBR 6120 – Cargas para o cálculo de estruturas de edificações, tabela 2 – valores mínimos de cargas verticais, item terraços com acesso ao público – 3 kN/m², considerando uma carga majorada da movimentação de pessoas. Esta, foi somada a outra correlação de 4kN/m² oriunda de possíveis acidentes de montagem e de cargas de vento como descritas na ABNT NBR 7190.

Tais itens, são somados ainda ao peso próprio do elemento de enchimento da laje, para bloco cerâmico - 64 kg/m² ou bloco de EPS - 18 kg/m² (Lajes Itaipu, 2019) para o caso das lajes nervuradas, e ao peso próprio da laje somado a carga acidental de projeto para o caso das lajes maciças.

Foi necessário realizar uma situação de contorno no cálculo de peso próprio das lajes ao se obter uma parcela de esforço normal referente a uma placa de 1m² de laje, baseando-se na de área de influência dos esforços entre laje e escora, dessa forma as conexões entre as placas subdivididas de lajes foram consideradas rígidas, e as suas condições de contorno com deformações iguais a zero, como são ilustradas como na (Fig. 12) e conforme modelagem matemática do trabalho de (LLURBA, X. C. P. *et al*, 2007) de título : Modelagem de cargas de suporte durante a construção de laje de concreto.

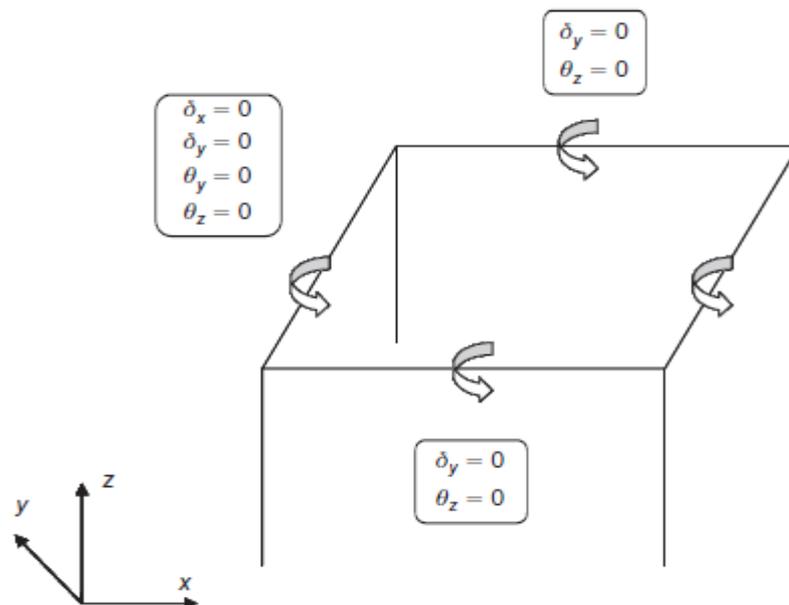


Figura 12: Condições de contorno da laje modelada: concreto endurecido. (Fonte: (LLURBA, X. C. P. *et al*, 2007)).

No entanto, é difícil estimar a contribuição do peso próprio das lajes adjacentes apoiadas pelas escoras incluídas na análise (LLURBA, X. C. P. *et al*, 2007). Portanto, todas as deformações e esforços causados por lajes adjacentes e pelas próprias escoras ao modelo isostático da placa são igualados a zero, simplificando o problema para obter um modelo de dimensionamento das forças distribuídas à placa a uma força axial a ser verificada junto as escoras de madeira.

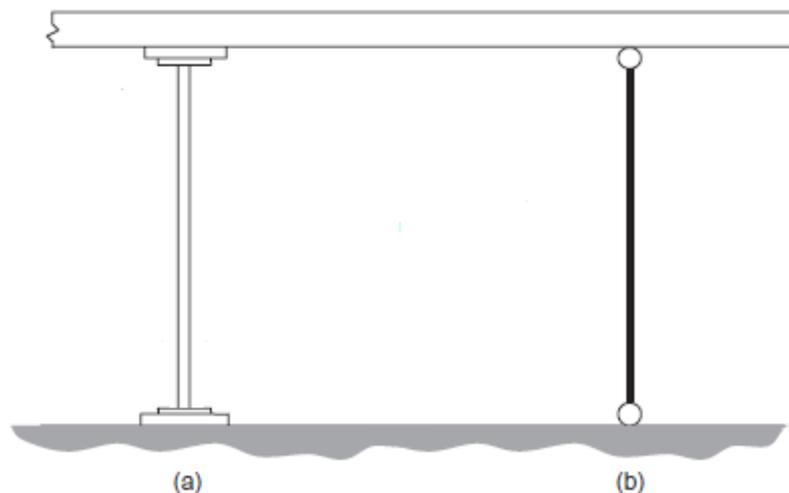


Figura 13: (a) Como a escora é normalmente utilizada, (b) Como a escora foi modelada. (Fonte: (LLURBA, X. C. P. *et al*, 2007)).

Ainda conforme as contribuições de LLURBA, 2007, a (Fig. 13) expressa como a escora é modelada computacionalmente, considerando-se um elemento estrutural rotulado em ambas as extremidades e sem a transmissão de esforços para a laje que é escorada.

Por fim, é realizada a subdivisão no domínio do problema em uma parte menor, e essa parte por sua vez independente quanto a escolha do tamanho da laje do usuário, visto que o cálculo de peso próprio é feito a parcela de uma placa de laje de 1m^2 . Posteriormente é realizada a verificação de flambagem da escora ou pontalete de madeira no modelo rótula-rótula, submetido ao esforço normal oriundo da laje, para todos os tipos de peças descritos na ABNT NBR 7190.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir da concepção das etapas descritas na metodologia, o aplicativo foi desenvolvido e testado quanto a sua estabilidade e uso contínuo. Tendo seus resultados descritos no decorrer desta seção.

O aplicativo foi devidamente registrado junto ao INPI (Instituto Nacional da Propriedade Intelectual) com processo número: **BR512020002621-4**. Tendo certificado válido por 50 anos a partir de 01/01/2021.

O aplicativo mostrou-se funcional e estável para ser utilizado em aproximadamente 99,2% dos dispositivos *Android*®, de acordo com o SDK mínimo API 17: *Android* 4.2 (*Jelly Bean*). De acordo com o exposto na (Fig. 14) o aplicativo na sua versão final ocupa 34,75 *Megabytes* de espaço em armazenamento e inicialmente não requer nenhum tipo de dado ou permissão do usuário. A (Fig. 15) mostra o logotipo do aplicativo ao ser devidamente instalado em um dispositivo *mobile* de sistema operacional *Android*®.

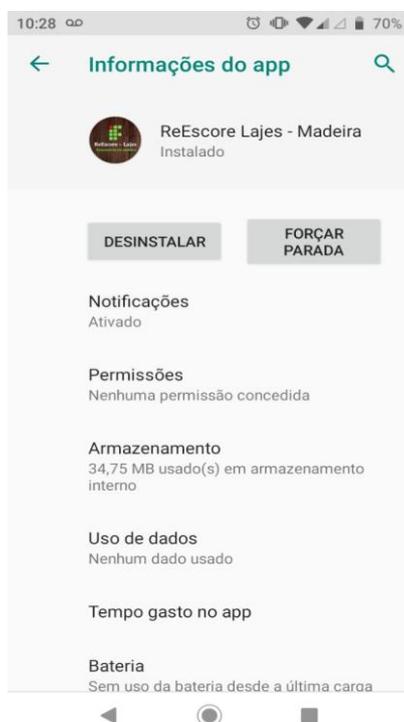


Figura 14: Informações do aplicativo. (Fonte: Autor).



Figura 15: Logotipo (Fonte: Autor).

4.1 INTERFACE E NAVEGAÇÃO

O aplicativo foi idealizado para ser utilizado por qualquer profissional com conhecimentos básicos de engenharia, servindo de apoio a execução de lajes maciças e treliçadas na etapa de escoramento e cimbramento. Logo, a intenção foi criar uma interface amigável, simples e intuitiva, sem termos que dificultasse a entrada de qualquer informação por parte do usuário. Atrelado a um fluxo de telas simples e direto, em que, em poucos toques o usuário já pudesse ser direcionado para uma página de resultados.

A partir desse conceito, tanto engenheiros projetistas quanto engenheiros de campo, e até mestres de obra podem usar o aplicativo com facilidade e obter um projeto de escoramento com determinações de posição e alocação das escoras de madeira para lajes.

Para melhor exemplificar a experiência do usuário ao interagir com o aplicativo, a navegação será exemplificada a partir de um caso de uso, partindo do ponto de vista de um engenheiro de campo que está usando a aplicação para melhor alocar as escoras na execução do cimbramento de uma laje treliçada usando lajota cerâmica. A seguir apresenta-se a experiência desse usuário comum ao navegar pela aplicação.

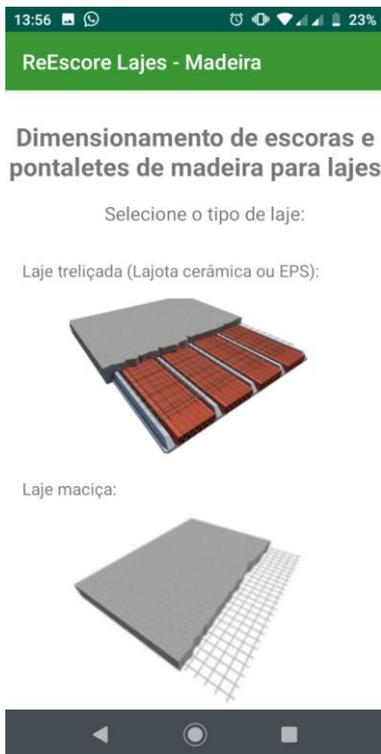


Figura 16: Tela inicial. (Fonte: Autor).

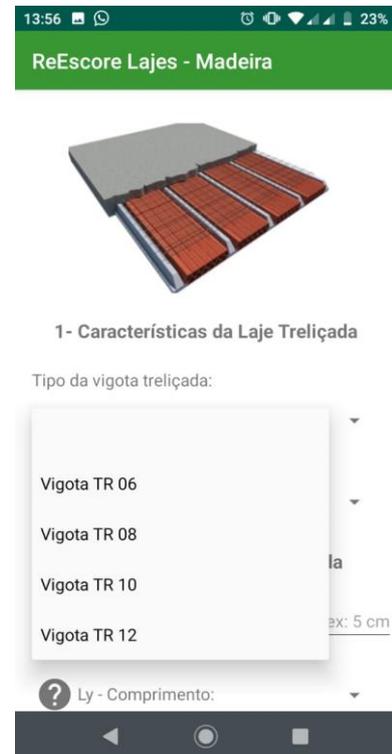


Figura 17: Laje treliçada. (Fonte: Autor).

A (Fig. 16) mostra a tela inicial onde o usuário poderá optar pelo tipo de laje ao qual deseja escorar. Seguindo com a opção escolhida sendo a laje treliçada, abrem-se algumas opções a serem escolhidas como o tipo de vigota treliçada que o usuário irá utilizar (Fig. 17), e qual será o enchimento da laje (Fig. 18).



Figura 18: Tipo de enchimento. (Fonte: Autor).

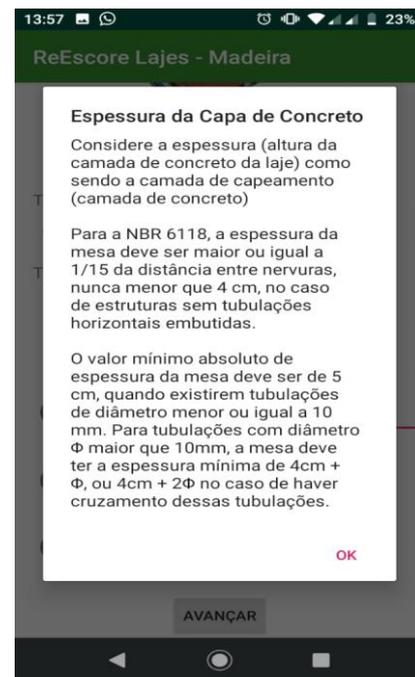


Figura 19: Espessura da capa. (Fonte: Autor).

Pensando no conceito de usabilidade e para atender diferentes públicos, (tanto engenheiros experientes quanto a novatos a esse tipo de projeto), há imagens que levam a explicações das quais recorrem às normas vigentes para detalhar e guiar o usuário para a sua escolha a hora do dimensionamento, como é possível observar na (Fig. 19).

Para realizar as verificações, também são necessárias as informações da camada de capeamento da laje, bem como das suas dimensões (Fig. 20), as quais adotou-se uma restrição de tamanhos visando limitar os dados de entrada do usuário e trabalhar com menos possibilidades de matrizes geradas pela escolha das mais variadas dimensões. Assim, foi-se necessário adotar medidas de 2, 3 e 4 metros, consideradas as mais usuais para esse tipo de laje em questão, compreendendo 6 dimensões (metros) possíveis de lajes, 2x2, 2x3, 2x4, 3x3, 3x4, 4x4.

Para o caso de uso exemplificado, o usuário irá escorar uma laje 2x3, com 5 centímetros de camada de capeamento de concreto, com uma vigota TR-08, como mostra a (Fig. 21)



Figura 20: Dimensões laje t. (Fonte: Autor).



Figura 21: Características da laje exemplo (Fonte: Autor).

Ao clicar no botão avançar, é apresentado ao usuário uma tela para o input de dados sobre o escoramento utilizado (Fig. 22). Como por exemplo a espécie da madeira, sendo possível também a escolha das madeiras genéricas utilizadas para fins de dimensionamento da ABNT NBR 7190 (Fig. 23).

10:58 80%

ReEscore Lajes - Madeira

1 - Características do Escoramento

? Espécie/Tipo da madeira:

Eucalipto

Resistência a compressão (MPa): 40

Módulo de elasticidade (MPa): 19500

2 - Tempo de duração do carregamento

3 - Dimensões das Escoras

Diâmetro (cm): ex: 10

Comprimento (metros): ex: 3.00

Figura 22: Tela escoramento (Fonte: Autor).

13:57 23%

ReEscore Lajes - Madeira

1 - Características do Escoramento

Eucalipto

Bracatinga

Pinus

Pinho-do-Paraná

Coníferas C20

Coníferas C25

Coníferas C30

Dicotiledôneas C20

Dicotiledôneas C30

Dicotiledôneas C40

Dicotiledôneas C60

Figura 23: Espécies da madeira (Fonte: Autor).

As espécies disponíveis para escolha do usuário foram as madeiras características contidas na ABNT NBR 7190 (Fig. 24), bem como Eucalipto (*grandis*), Bracatinga, Pinus e pinho-do-Paraná, por apresentarem maior utilização na forma de escoras ou pontaletes de madeira maciça serrada diametral, mediante consulta em madeireiras locais, e nos dados do IPT (instituto de pesquisas tecnológicas). Os valores de resistência à compressão média (com umidade a 15%) e módulo de elasticidade foram correlacionados aos valores normativos de acordo com suas espécies (dicotiledôneas ou coníferas) e com os dados testados pelo IPT. Devido à dificuldade de garantir que os valores testados são parâmetros para as madeiras encontradas nas mais diversas regiões e climas do Brasil, os valores encontrados no IPT (ANEXOS G, H, I e J) serviram de parâmetro para correlação com a tabela 7 da ABNT NBR 7190 (ANEXO C).

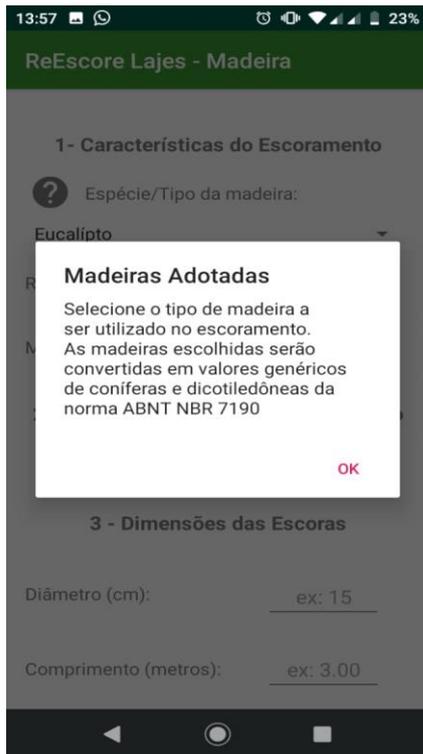


Figura 24: Informativo (Fonte: Autor).

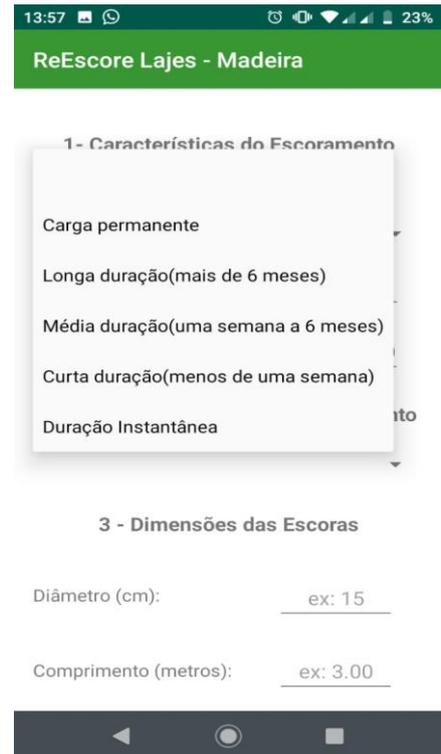


Figura 25: Tempo de duração. (Fonte: Autor).

No dimensionamento de peças em madeira, é necessário a verificação dos coeficientes de modificação KMOD 1, KMOD 2 e KMOD 3, presentes na ABNT NBR 7190, no entanto, para tornar a interface mais amigável ao usuário, e restringir os dados de entrada, o KMOD 2 e KMOD 3 foram adotados com o mínimo possível de 0.8. Já o KMOD 1, quanto a duração do carregamento foi mantida como um dado de entrada (Fig. 25).

Por fim, os últimos parâmetros a serem passados pelo usuário são o comprimento e diâmetro das escoras, que são limitados em escoras de até 4 metros de altura, e diâmetros de até 16cm. Para o caso de uso em questão, os *inputs* de escoramento são expostos na (Fig. 26)

ReEscore Lajes - Madeira

1 - Características do Escoramento

Espécie/Tipo da madeira:
Eucalipto

Resistência a compressão (MPa): 40

Módulo de elasticidade (MPa): 19500

2 - Tempo de duração do carregamento

Média duração(uma semana a 6 me..):

3 - Dimensões das Escoras

Diâmetro (cm): 9

Comprimento (metros): 2.9

Figura 26: Características do Escoramento. (Fonte: Autor).

ReEscore Lajes - Madeira

Resultados

Peça esbelta

Carga sobre escora: **8,877 kN/m³**

Verificação a compressão das escoras: **OK**

Área: **63,58 cm²**

Inércia: **321,9 cm⁴**

Ec0m: **19500 MPa**

Fc0d: **10,24 MPa**

Lambda: **128,889**

Ncr: **376,78 kN**

Md: **34,64 kN/cm²**

Taxa de utilização da escora: **71,674%**

Projeto de escoramento

Figura 27: Resultados. (Fonte: Autor).

Prosseguindo, ao clicar em avançar, o usuário pode visualizar uma tela com os resultados do cálculo (Fig. 27), e verificar se a peça está é considerada esbelta, medianamente esbelta ou curta, a taxa de utilização das escoras, o peso próprio da laje a ser escorada e se as condições apresentadas são suficientes para as características do escoramento, de acordo com o “OK” no campo verificação à compressão das escoras. É importante salientar que caso essa condição não seja atendida, o campo será exibido com a condição “Não OK” e o projeto de escoramento não será visualizado, tal qual a taxa de utilização da escora se dará acima de 100%. Nessas condições, o usuário precisará voltar para as telas anteriores e inserir novos parâmetros para o cálculo.

As demais variáveis expostas como resultados, como a Área (A), Inércia (I) e Módulo de elasticidade (Ec0m) das escoras são fruto das condições de escoramento inseridas, tipo da madeira e dimensões. Já o Lambda (L), carga crítica de Euler na escora (Ncr), Momento de projeto (Md) são decorrentes do cálculo e verificação do peso próprio da laje somado a carga acidental aplicados como força normal na escora. A taxa de utilização da escora por sua vez, é uma métrica para definir o nível de esforço ao qual a escora está sendo solicitada

Ainda na tela de resultados, é possível ter acesso a um projeto de escoramento em formato PDF para visualização no próprio aplicativo, e uma versão compatível a extensão do Google drive (Fig. 28), que também pode ser visualizada de forma web para posterior download. Além de uma planilha em formato XLS contendo os valores imputados pelo usuário (Fig. 29).

Nas pranchas do projeto (Fig. 30) estão contidas todas as informações pertinentes a execução do processo de alocação das escoras como por exemplo o espaçamento entre escoras, o correto posicionamento das escoras espaçadas abaixo das treliças de concreto e a montagem da estrutura de cimbramento da laje, vista em corte e em perspectiva. Também é exposto ao usuário uma série de notas técnicas referentes à implementação do projeto, como as características da taxa de umidade das madeiras utilizadas, condições máximas de altura para quais o projeto pode ser executado, diâmetro aceitável adotado para as escoras e etc. (Fig. 31).



Figura 28: Projeto de escoramento. (Fonte: Autor).

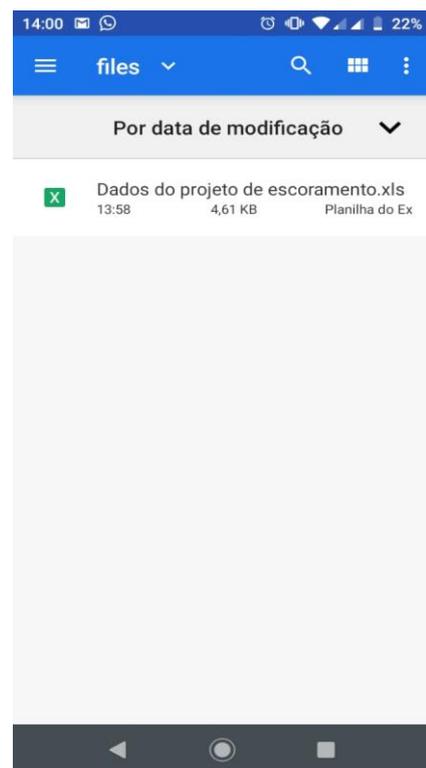


Figura 29: Planilha XLS salva. (Fonte: Autor).

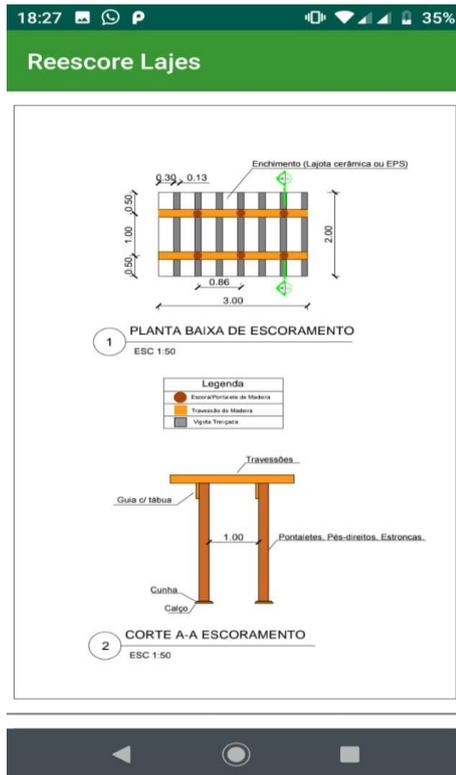


Figura 30: Planta baixa e corte. (Fonte: Autor).



Figura 31: Perspectiva e notas. (Fonte: Autor).

4.2 TESTES E VALIDAÇÕES

A seguir, apresentam-se dois testes para validação do aplicativo diante de situações prováveis de cálculo e dimensionamento de escoras. Para isso, foram analisadas duas possíveis situações, a 1ª validação realizada a partir da escolha de uma laje treliçada e resultando em peças esbeltas, e a 2ª validação feita a partir de uma laje maciça com peças medianamente esbeltas.

Em seguida, foi feita uma comparação sobre o processo de cálculo das escoras feito à mão, seguindo todos os passos de cálculo e verificações contidos na norma técnica ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira.

4.2.1 1ª Validação

Para a 1ª validação (Fig. 32) e (Fig. 33), foram escolhidos os seguintes parâmetros:

16:34 ReEscore Lajes - Madeira

1 - Características da Laje Treliçada

Tipo da vigota treliçada:
Vigota TR 08

Tipo de enchimento:
Lajota Cerâmica (até 30 cm compri..)

2 - Dimensões da Laje Treliçada

Camada de capeamento (cm): 6

Ly - Comprimento: 3 metros

Lx - Largura: 2 metros

AVANÇAR

Figura 32: Parâmetros da laje treliçada. (Fonte: Autor).
Autor).

10:59 ReEscore Lajes - Madeira

1 - Características do Escoramento

Espécie/Tipo da madeira:
Eucalipto

Resistência a compressão (MPa): 40

Módulo de elasticidade (MPa): 19500

2 - Tempo de duração do carregamento

Média duração(uma semana a 6 me..)

3 - Dimensões das Escoras

Diâmetro (cm): 9

Comprimento (metros): 2.9

Figura 33: Parâmetros do escoramento. (Fonte: Autor).

Parâmetros do elemento estrutural:

- Vigota TR 08;
- Camada de capeamento: 6 cm;
- Enchimento em lajota cerâmica;
- Comprimento: 3 metros;
- Largura: 2 metros.

Parâmetros do escoramento

- Escoras de Eucalipto;
- Comprimento: 2,9 metros;
- Diâmetro: 9 cm;

* Carregamento de média duração (Uma semana a 6 meses)

Realizados os cálculos pelo algoritmo do aplicativo, obteve-se o resultado exposto em (Fig. 34).



Figura 34: Resultados 1ª validação. (Fonte: Autor).

Realizando os cálculos a partir das formulações da norma, obtém-se os resultados que serão expostos a seguir:

Vão livre máximo	6,60 m
Sobrecarga acidental máxima	600 kgf/m ²
Altura da laje (sem capa de concreto)	0,12 m
Peso próprio da laje com preenchimento em lajota cerâmica (sem capa de concreto)	64 kg/m ²
Peso próprio da laje com preenchimento em EPS (sem capa de concreto)	18 kg/m ²

Quadro 1: Quadro de carregamentos de uma laje treliçada utilizada vigota TR-12, adaptada. (Fonte: Lajes ITAIPU).

De acordo com o quadro 1, também presente na documentação do software no APÊNDICE A, para lajes treliçadas utilizando lajota cerâmica utiliza-se 0,627 kN/m² de peso próprio, que somados ao valor constante adotado para sobrecargas acidentais na laje, de 7kN/m²

(Explicado previamente na seção 3.2 ALGORITMO E CÁLCULOS) que encontra-se na (Eq. A-1):

Peso próprio = (Camada de capeamento da laje * 25 kN/m³ * 0,01 (conversão para centímetros)) + (0,627 kN/m² + 7 kN/m²)

$$\text{Peso próprio} = 9,127 \text{ kN} \quad (\text{Eq. A-1})$$

Encontrando os valores de área, inércia e módulo resistente da escora, e obtendo assim, o valor de raio de giração, têm-se a classificação quanto ao tipo de peça (Eq. 1):

$$\lambda = \frac{L_0}{r_{min}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\lambda = \frac{290}{2,25} = 128,88$$

Portanto, uma peça esbelta.

Calculando a tensão de compressão paralela às fibras (Eq. 3)

$$f_{c0d} = KMOD * \frac{f_{ck}}{1,4} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$f_{c0d} = 0,7 * 0,512 * \frac{40}{1,4} = 10,24 \text{ Mpa}$$

Calculando a excentricidade acidental (Eq. 4)

$$e_a = \frac{L_0}{300} < \frac{d}{30} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$e_a = \frac{290}{300} = 0,96 \text{ cm}$$

Posteriormente, é necessário encontrar a carga crítica de Euler (Eq. 5), que é expressa por:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{cof} I}{L_0^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * 19500 * 0,512 * 322,06}{290^2} = 377,35 \text{ kN}$$

Sendo 0,512 a resultante da multiplicação dos KMOD 1, 2, e 3 todos expressos por 0,8.

A seguir, diante do não uso das ações variáveis ψ_1 e ψ_2 para simplificação numérica, e adotando o valor máximo de 2 para o coeficiente de fluência ϕ obtêm-se (Eq. 11):

$$e_c = (e_i + e_a) \left\{ \exp \left[\frac{\phi(N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk})}{N_{cr} - [N_{gk} + (\psi_1 + \psi_2)N_{qk}]} \right] - 1 \right\} \quad (\text{Eq. 11})$$

$$e_c = (0,96) \left\{ \exp \left[\frac{2(377,35)}{377,35 - [9,127]} \right] - 1 \right\} = 2,73 \text{ cm}$$

Calculando o momento fletor na peça (Eq. 12):

$$M_d = Nd(e_1 + e_c) * \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - Nd} \right) \quad (\text{Eq. 12})$$

$$M_d = 9,127(0,96 + 2,73) * \left(\frac{377,35}{377,35 - 9,127} \right) = 34,51 \text{ kN/cm}^2$$

Verificando o estado limite último de instabilidade no ponto mais comprimido da seção transversal (Eq. 10):

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cod}} \leq 1 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\frac{9,127}{63,51 * 1,024} + \frac{34,51}{71,56 * 1,024} = 0,61 \text{ ok!}$$

A validação da (Eq. 10) significa que a escora de madeira utilizada no dimensionamento para as cargas solicitantes é adequada, e pode ser utilizada pelo usuário. A não validação dessa condição implica em uma escora insuficiente para resistir aos esforços de carga previamente determinados pelo usuário.

O software conta com uma funcionalidade de cálculo que é a taxa de utilização da escora baseada no resultado da (Eq. 10), com um fator de redução de utilização da escora em 15%. Portanto, é fixado a essa taxa um máximo de 85%, que ao aplicar $(0,61/0,85) * 100$ obtêm-se 72% de taxa de utilização da escora.

Variável observada	Resultados dos cálculos via equações da norma ABNT NBR 7190	Resultado dos cálculos via aplicativo ReEscore
f_{cod}	10,24 Mpa	10,24 Mpa
λ	128,88	128,88
N_{cr}	377,35 kN	376,78 kN
M_d	34,51 kN/cm ²	35,67 kN/cm ²
Taxa de utilização da escora	72%	73%

Quadro 2: Comparação de resultados 1ª validação. (Fonte: Autor).

Portanto, é possível observar no (Quadro. 2) a grande similaridade, entre o procedimento de cálculo feito à mão utilizando os parâmetros normativos, e o cálculo automatizado pelo aplicativo. O que corrobora para a funcionalidade da aplicação para uma situação comum de valores a serem atribuídos pelo usuário.

4.2.2 2ª Validação

Para a 2ª validação (Fig. 35) e (Fig. 36), foram escolhidos os seguintes parâmetros:

12:37 71%

ReEscore Lajes - Madeira

1- Dimensões da Laje Maciça

Espe?ssura da laje (cm): 15

Ly - Comprimento: 4 metros

Lx - Largura: 3 metros

AVANÇAR

Figura 35: Parâmetros da laje maciça. (Fonte: Autor).
Autor).

11:07 79%

ReEscore Lajes - Madeira

1- Características do Escoramento

Esp?écie/Tipo da madeira: Eucalipto

Resistência a compressão (MPa): 40

Módulo de elasticidade (MPa): 19500

2 - Tempo de duração do carregamento

Longa duração(mais de 6 meses)

3 - Dimensões das Escoras

Diâmetro (cm): 13

Comprimento (metros): 2.6

Figura 36: Parâmetros do escoramento. (Fonte:

Parâmetros do elemento estrutural:

- Espessura da laje: 15 cm;
- Comprimento da laje: 4 metros
- Largura da laje: 3 metros.

Parâmetros do escoramento

- Escoras de Eucalipto;
- Comprimento: 2,6 metros;
- Diâmetro: 13 cm;

* Carregamento de longa duração (mais de 6 meses)

Realizados os cálculos pelo algoritmo do aplicativo, obteve-se o resultado exposto em (Fig. 37).



Figura 37: Resultados 2ª validação. (Fonte: Autor).

Realizando os cálculos a partir das formulações da norma, obtém-se os resultados que serão expostos a seguir:

Seguindo os mesmos parâmetros da primeira validação e o coeficiente de carga explícito na seção 3.2 ALGORITMOS E CÁLCULOS, têm-se:

Peso próprio = (Espessura da laje em centímetros * 25 kN/m³ * 0,01) + (7 kN/m²) (Eq. A-4)

$$\text{Peso próprio} = 10,75 \text{ kN}$$

Encontrando os valores de área, inércia e módulo resistente da escora, e obtendo assim, o valor de raio de giração, têm-se a classificação quanto ao tipo de peça (Eq. 1):

$$\lambda = \frac{L_0}{r_{min}} \quad (\text{Eq. 1})$$

$$\lambda = \frac{260}{3,25} = 80$$

Portanto, uma peça medianamente esbelta.

Calculando a tensão de compressão paralela as fibras (Eq. 3)

$$f_{cod} = KMOD * \frac{f_{cok}}{1,4} \quad (\text{Eq. 3})$$

$$f_{cod} = 0,7 * 0,448 * \frac{40}{1,4} = 8,96 \text{ Mpa}$$

Calculando a excentricidade accidental (Eq. 4)

$$e_a = \frac{L_0}{300} < \frac{d}{30} \quad (\text{Eq. 4})$$

$$e_a = \frac{260}{300} = 0,86 \text{ cm}$$

Posteriormente, é necessário encontrar a carga crítica de Euler (Eq. 5), que é expressa por:

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 E_{cof} I}{L_0^2} \quad (\text{Eq. 5})$$

$$N_{cr} = \frac{\pi^2 * 19500 * 0,448 * 1401,98}{260^2} = 1788,16 \text{ kN}$$

Sendo 0,448 a resultante da multiplicação dos KMOD 1, 2, e 3.

Calculando o momento fletor na peça (Eq. 12):

$$M_d = Nd(e_1 + e_c) * \left(\frac{N_{cr}}{N_{cr} - Nd} \right) \quad (\text{Eq. 12})$$

$$M_d = 10,75(0,86) * \left(\frac{1788,16}{1788,16 - 10,75} \right) = 9,30 \text{ kN/cm}^2$$

Verificando o estado limite último de instabilidade no ponto mais comprimido da seção transversal (Eq. 10):

$$\frac{\sigma_{Nd}}{f_{cod}} + \frac{\sigma_{Md}}{f_{cod}} \leq 1 \quad (\text{Eq. 10})$$

$$\frac{10,75}{132,73 * 0,896} + \frac{9,30}{215,68 * 0,896} = 0,13 \text{ ok!}$$

$(0,13/0,85) * 100 = 15\%$ de taxa de utilização da escora.

Variável observada	Resultados dos cálculos via equações da norma ABNT NBR 7190	Resultado dos cálculos via aplicativo ReEscore
f_{cod}	8,96 Mpa	8,96 Mpa
λ	80	80
N_{cr}	1788,16 kN	1785,45 kN
M_d	9,30/cm ²	9,37 kN/cm ²
Taxa de utilização da escora	15%	16%

Quadro 3: Comparação de resultados 2ª validação. (Fonte: Autor).

Assim, de acordo com o exposto no (Quadro. 3) torna-se evidente a confiabilidade dos dados de processamento da aplicação, visto que são praticamente iguais em relação ao mesmo procedimento de cálculo feito à mão com as fórmulas contidas na norma.

5. CONCLUSÃO

Por fim, foi possível atingir todos os objetivos previamente propostos, desenvolvendo um aplicativo móvel capaz de realizar o dimensionamento de escoras de madeira para lajes maciças e treliçadas de maneira ágil e dinâmica. O aplicativo conta com uma interface amigável e um fluxo de telas simples com linguagem e manuseio acessíveis a qualquer tipo de usuário.

Toda a programação do aplicativo foi desenvolvida com sucesso de modo a implementar a rotina de cálculo presente na norma de madeiras ABNT NBR 7190, e a partir de então, realizar as verificações para os parâmetros de entrada fornecidos pelo usuário. Assim, disponibilizando um projeto de escoramento em forma de pranchas e uma planilha, suficientes para fornecer as diretrizes necessárias à execução do cimbramento.

Os testes realizados com a aplicação se mostraram satisfatórios, visto que, pôde-se perceber a semelhança e fidelidade em todos os resultados (em especial as variáveis de carga e a taxa de utilização da escora) quando comparado o cálculo no aplicativo ao cálculo analítico (à mão), levando em consideração o truncamento numérico. Fator que demonstra a segurança do código ao realizar as verificações contidas na norma.

Diante de todos os resultados obtidos com o aplicativo, a etapa de cimbramento e alocação de escoras quando feita através do ReEscore Lajes tem um enorme diferencial em relação a tomada de decisão empírica. Pois, com a posse dos projetos de cimbramento, o escoramento de toda a estrutura pode ser feito com a devida segurança, planejamento, qualidade e redução de desperdícios, contribuindo imensamente para a correta execução e comportamento estrutural das lajes.

Como sugestão de continuidade e aprimoramento do ReEscore para trabalhos futuros é interessante um estudo específico para melhoria de design de interface de usuário (UI), experiência de usuário (UX) e a adoção de elementos gráficos visualmente mais bonitos e atuais. A reescrita do código para tecnologias mais versáteis que possibilitem o uso na plataforma IOS® e o desenvolvimento de escrita de algoritmo que torne o código mais robusto, viável a atender lajes e até outros elementos estruturais com uma gama maior de dimensões.

REFERÊNCIAS

ARCELORMITTAL, **Manual técnico de lajes nervuradas**. 2010;

ADJUST. Adjust Global App Trends 2019: **Discover the latest app industry trends**. Disponível em: <[https:// https://www.adjust.com/resources/ebooks/adjust-global-app-trends-report-2019/](https://www.adjust.com/resources/ebooks/adjust-global-app-trends-report-2019/)>. Acessado em: 20 de novembro, 2019;

ANDROID STUDIO. **Plataform**. Disponível em: <<https://developer.android.com/about>>. Acessado em 21 de novembro, 2019;

APP ANNIE. **The state of mobile 2019**. Disponível em: <<https://www.appannie.com/en/go/state-of-mobile-2019/>> Acessado em 28 de março, 2020;

ARAÚJO, J. M. **Curso de concreto armado**. 2. ed. Rio Grande, 2014.v.2;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6118: **Projeto de estruturas de concreto: procedimento**. Rio de Janeiro, 2014;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6120: **Cargas para o cálculo de estruturas de edificações**. Rio de Janeiro, 1980;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de estruturas de madeiras**. Rio de Janeiro, 1997;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696: **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2009;

AVILLA JUNIOR, J. **Dissertação: Contribuição ao projeto e execução de lajes lisas nervuradas pré fabricadas com vigotas treliçadas**. Universidade federal de São Carlos, São Carlos, 2009;

BASTOS, P. S. S. **Apostila de lajes de concreto**. Universidade Estadual Paulista, Bauru, 2013;

BOWDEN et al. **Mobile ICT support for construction process improvement. Automation in Construction**, v.15, p.664-676, 2006;

CARRIJO, S. A.; MEDEIROS, J. V. Y.; REIS, G, G. **Compatibilização de projetos na construção civil**. IV Colóquio estadual de pesquisa multidisciplinar. II congresso nacional de pesquisa e tecnologia. 2019 Disponível em: <<http://publicacoes.unifimes.edu.br/index.php/coloquio/article/view/836/823>> Acessado em 28 de maio, 2020;

CEDRO TECHNOLOGIES, **Feature Driven Development**. 2019. Disponível em: <<https://blog.cedrotech.com/feature-driven-development-fdd/>> Acessado em 05 de fevereiro, 2021;

CHEN, Y.; KAMARA, J.M. **A framework for using mobile computing for information management on construction sites. Automation Construction. Article in press**. 2011. Disponível em: <<http://prof.incheon.ac.kr:8082/~uicem/pdf/seminar/110628.pdf>> Acessado em 20 de novembro, 2019;

DEPARTAMENTO DE ESTRADAS DE RODAGEM/SP. **Cimbramento de estruturas de concreto**. Diretoria de engenharia, São Paulo, 2006;

GESUALDO, F. A. R. **Estruturas de madeira, notas de aula**. Universidade federal de Uberlândia, Uberlândia, 2003;

GIONGO, J. S. **Concreto armado: Projeto estrutural de edifícios**. Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, 2007;

O GLOBO, **Pavilhão da Gameleira, desabamento deixou 65 mortos e 50 feridos em 1971**. Disponível em: <<https://acervo.oglobo.globo.com/fatos-historicos/pavilhao-da-gameleira-desabamento-deixou-65-mortos-50-feridos-em-1971-18608430>> Acessado em 20 de outubro, 2020;

HIGHSMITH, J. **Agile Software Development Ecosystems**. Addison Wesley, 2002;

JAVA. **O que é Java?** Disponível em: <https://www.java.com/pt_BR/about/whatis_java.jsp>
Acessado em 21 de novembro, 2019;

LAJES ITAIPU. **TABELAS.** Disponível em: < <https://www.lajesitaipu.com.br/tabelas/>>
Acessado em 21 de fevereiro, 2019;

LEPAGE, Ennio Silva et al. **Manual de preservação de madeiras.** São Paulo: IPT – Divisão de Madeiras, 1986. Vol. 1. 341p.;

LOTTI, R. S.; MACHADO, A. W.; MAZZIEIRO, E. T.; LANDRE JR., J. **Aplicabilidade científica do método dos elementos finitos.** R Dental Press Ortodon Ortop Facial 35 Maringá, v. 11, n. 2, p. 35-43, mar./abril 2006;

LLURBA, X. C. Pintado; CARLTON, R. J. **Modelling prop loads during concrete slab construction,** Proceedings of the Institution of Civil Engineers. Structures & Buildings 160, August 2007 Issue SB4. Pages 221–229;

MARCELLI, M. **Sinistros na construção civil: causas e soluções para danos e prejuízos em obras.** São Paulo: Pini, 2007;

MELHADO, S.B. et al. **Coordenação de projetos de edificações.** São Paulo: O Nome da Rosa, 2005. 115p;

MICHALOSKI, A.O.; COSTA, A.P.C.S. **A survey of it use by Small and Medium-Sized Construction Companies in a City in Brazil.** Journal of Information Technology in Construction, vol.15, 2010;

MORAES, Ana Beatriz G. M., ET AL. **Fatores críticos da gestão do processo de projetos na engenharia simultânea: um estudo de caso em obra de infraestrutura urbana.** VIII Congresso Nacional de Excelência em Gestão: IBMEC, 2012;

NAZAR, N. **Fôrmas e escoramentos para edifícios: critérios para dimensionamento e escolha do sistema,** PINI, São Paulo, 2007;

PALMER, S.; FELSING, J. **A practical guide to feature-driven development**. Prentice Hall, 2002;

PFEIL, Walter; PFEIL, Michèle. **Estruturas de Madeira**. LTC – Livros Técnicos e Científicos, 6.ed., Rio de Janeiro, 2017;

REZENDE, R. B. **Uma visão sobre o uso de fôrmas e escoramentos em cidades de grande, médio e pequeno porte do Brasil central e as novas diretrizes normativas**. Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2010;

SENSOR TOWER. **Global App Revenue Reached \$39 Billion in the First Half of 2019, Up 15% Year-Over-Year**. Disponível em: <<https://sensortower.com/blog/app-revenue-and-downloads-1h-2019/>> Acessado em: 20 de novembro, 2019;

SILVA, D. E. S.; SOUZA, I. T.; CAMARGO, T. **Metodologias ágeis para o desenvolvimento de software: aplicação e o uso da metodologia scrum em contraste ao modelo tradicional de gerenciamento de projetos**. Revista computação aplicada v. 2, n. 1, 2013;

SILVA, F. G.; HOENTSCH, S. C. P.; SILVA, L. **Uma análise das Metodologias Ágeis FDD e Scrum sob a Perspectiva do Modelo de Qualidade MPS.BR**. Scientia plena vol. 5, num. 12, 2009;

SOUZA, Remo Magalhães. **O problema dos elementos finitos aplicado a condução de calor**. Material Didático. Núcleo de Instrumentação e Computação Aplicada à Engenharia, Universidade Federal do Pará, Belém, 2003;

SPOHR, V. H. **Análise comparativa: Sistemas estruturais convencionais e estruturas de lajes nervuradas**. Universidade Federal de Santa Maria/RS, Santa Maria, 2008;

SZUCS, C. A.; TEREZO, R. F.; VALLE, A.; MORAES, P.D. **Estruturas de madeira**. Universidade federal de Santa Catarina, 2016;

TSCHIPTSCHIN, A. P. **Método de Elementos Finitos Aplicado à Seleção de Materiais**. Departamento de Engenharia Metalúrgica e de Materiais, Universidade de São Paulo, 2011;

UFSC Portal Virtuhab, **Laje maciça**. Disponível em: <
<https://portalvirtuhab.paginas.ufsc.br/laje-macica/>> Acessado em: 01 de abril de 2020.

ANEXO A – Tabela classe de carregamento da ABNT NBR 7190.

Tabela 1 - Classes de carregamento

Classe de carregamento	Ação variável principal da combinação	
	Duração acumulada	Ordem de grandeza da duração acumulada da ação característica
Permanente	Permanente	Vida útil da construção
Longa duração	Longa duração	Mais de seis meses
Média duração	Média duração	Uma semana a seis meses
Curta duração	Curta duração	Menos de uma semana
Duração instantânea	Duração instantânea	Muito curta

ANEXO B – Tabela de Fatores de combinação e utilização, ABNT NBR 7190.

Tabela 2 - Fatores de combinação e de utilização

Ações em estruturas correntes	ψ_0	ψ_1	ψ_2
- Variações uniformes de temperatura em relação à média anual local	0,6	0,5	0,3
- Pressão dinâmica do vento	0,5	0,2	0
Cargas acidentais dos edifícios	ψ_0	ψ_1	ψ_2
- Locais em que não há predominância de pesos de equipamentos fixos, nem de elevadas concentrações de pessoas	0,4	0,3	0,2
- Locais onde há predominância de pesos de equipamentos fixos, ou de elevadas concentrações de pessoas	0,7	0,6	0,4
- Bibliotecas, arquivos, oficinas e garagens	0,8	0,7	0,6
Cargas móveis e seus efeitos dinâmicos	ψ_0	ψ_1	ψ_2
- Pontes de pedestres	0,4	0,3	0,2 ¹⁾
- Pontes rodoviárias	0,6	0,4	0,2 ¹⁾
- Pontes ferroviárias (ferrovias não especializadas)	0,8	0,6	0,4 ¹⁾
¹⁾ Admite-se $\psi_2 = 0$ quando a ação variável principal corresponde a um efeito sísmico.			

ANEXO C – Tabela de Classe de umidade ABNT NBR 7190.**Tabela 7 - Classes de umidade**

Classes de umidade	Umidade relativa do ambiente U_{amb}	Umidade de equilíbrio da madeira U_{eq}
1	$\leq 65\%$	12%
2	$65\% < U_{amb} \leq 75\%$	15%
3	$75\% < U_{amb} \leq 85\%$	18%
4	$U_{amb} > 85\%$ durante longos períodos	$\geq 25\%$

ANEXO D – Tabelas Kmod1, Kmod2, ABNT NBR 7190.

Tabela 10 - Valores de $k_{mod,1}$

Classes de carregamento	Tipos de madeira	
	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
Permanente	0,60	0,30
Longa duração	0,70	0,45
Média duração	0,80	0,65
Curta duração	0,90	0,90
Instantânea	1,10	1,10

Tabela 11 - Valores de $k_{mod,2}$

Classes de umidade	Madeira serrada Madeira laminada colada Madeira compensada	Madeira recomposta
(1) e (2)	1,0	1,0
(3) e (4)	0,8	0,9

ANEXO E – Tabelas classe de resistência coníferas e dicotiledôneas, ABNT NBR 7190.

Tabela 8 - Classes de resistência das coníferas

Coníferas					
(Valores na condição-padrão de referência U = 12%)					
Classes	f_{cdk} MPa	f_{vk} MPa	$E_{cd,m}$ MPa	¹⁾ $\rho_{bas,m}$ kg/m ³	$\rho_{aparente}$ kg/m ³
C 20	20	4	3 500	400	500
C 25	25	5	8 500	450	550
C 30	30	6	14 500	500	600

¹⁾ Como definida em 6.1.2.

Tabela 9 - Classes de resistência das dicotiledôneas

Dicotiledôneas					
(Valores na condição-padrão de referência U = 12%)					
Classes	f_{cdk} MPa	f_{vk} MPa	$E_{cd,m}$ MPa	¹⁾ $\rho_{bas,m}$ kg/m ³	$\rho_{aparente}$ kg/m ³
C 20	20	4	9 500	500	650
C 30	30	5	14 500	650	800
C 40	40	6	19 500	750	950
C 60	60	8	24 500	800	1 000

¹⁾ Como definida em 6.1.2.

ANEXO F – Tabela coeficiente de fluência, ABNT NBR 7190.**Tabela 15 - Coeficiente de fluência ϕ**

Classes de carregamento	Classes de umidade	
	(1) e (2)	(3) e (4)
Permanente ou de longa duração	0,8	2,0
Média duração	0,3	1,0
Curta duração	0,1	0,5

ANEXO G – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT – *Eucalypto grandis*.

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Flexão:

- Resistência (f_M):
 - Madeira verde: 53,8 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 75,6 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 9689 MPa

Resultados foram obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

Compressão paralela às fibras:

- Resistência (f_{C0}):
 - Madeira verde: 26,3 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 42,1 MPa
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 19,7 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 11572 MPa

Resultados foram obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

Outras propriedades:

- Dureza janka paralela - Madeira verde: 2687 N

Resultado obtido de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

**ANEXO H – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT –
Bracatinga (*mimosa scabrella*).**

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Flexão:

- Resistência (f_M):
 - Madeira verde: 73,9 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 101,9 MPa
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 30,5 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 12925 MPa

Compressão paralela às fibras:

- Resistência (f_{c0}):
 - Madeira verde: 29,0 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 48,4 MPa
- Coeficiente de influência de umidade: 5,4 %
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 21,5 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 14366 MPa

Outras propriedades:

- Resistência ao impacto na flexão - Madeira a 15% (choque):
 - Trabalho absorvido: 33,7
 - Coeficiente de resiliência R: 0,56
 - Cota dinâmica $R/\rho_{ab,15}^2$: 1,8
- Cisalhamento - Madeira verde: 10,7 MPa
- Dureza janka paralela - Madeira verde: 4972 N
- Tração normal às fibras - Madeira verde: 8,9 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma COPANT.
Fonte: (IPT,1989a)

**ANEXO I – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT –
Pinho-do-Paraná (*Araucaria angustifolia*).**

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Flexão:

- Resistência (f_M):
 - Madeira verde: 59,7 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 85,6 MPa
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 25,1 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 10719 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989a)

Compressão paralela às fibras:

- Resistência (f_{c0}):
 - Madeira verde: 26,3 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 41,4 MPa
- Coeficiente de influência de umidade: 4,7 %
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 20,6 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 13514 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989a)

Outras propriedades:

- Resistência ao impacto na flexão - Madeira a 15% (choque): 14,7
- Cisalhamento - Madeira verde: 6,7 MPa
- Dureza janka paralela - Madeira verde: 2687 N
- Tração normal às fibras - Madeira verde: 3,4 MPa
- Fendilhamento - Madeira verde: 0,4 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989a)

**ANEXO J – Classe de resistência das madeiras usadas no protótipo segundo o IPT –
*Pinus (Pinus elliottii Engelm).***

PROPRIEDADES MECÂNICAS

Flexão:

- Resistência (f_M):
 - Madeira verde: 48,0 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 69,6 MPa
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 19,7 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 6463 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

Compressão paralela às fibras:

- Resistência (f_{c0}):
 - Madeira verde: 18,5 MPa
 - Madeira a 15% de umidade: 31,5 MPa
- Coeficiente de influência de umidade: 6,7 %
- Limite de proporcionalidade - Madeira verde: 13,7 MPa
- Módulo de elasticidade - Madeira verde: 8846 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

Outras propriedades:

- Resistência ao impacto na flexão - Madeira a 15% (choque): 14,5
- Cisalhamento - Madeira verde: 5,8 MPa
- Dureza janka paralela - Madeira verde: 1932 N
- Tração normal às fibras - Madeira verde: 3,0 MPa
- Fendilhamento - Madeira verde: 0,4 MPa

Resultados obtidos de acordo com a Norma ABNT MB26/53 (NBR 6230/85).

Fonte: (IPT,1989b)

APÊNDICE A – Documentação e Funcionalidades do Aplicativo ReEscore Lajes – Dimensionamento em Madeira

1. INTRODUÇÃO

O presente projeto de software visa a solução de um problema frequente da área de engenharia civil, no âmbito das estruturas de concreto armado. Que é a análise e dimensionamento de estruturas provisórias, visto que, em muitas vezes o cimbramento de lajes é negligenciado pelos engenheiros e construtores. O que acaba ocasionando em acidentes de trabalho, patologias na estrutura, custos desnecessários e retrabalhos, dada a ausência de projetos e parâmetros necessários à alocação e remoção dessas escoras e de todo o conjunto de cimbramento.

1.1 JUSTIFICATIVA

Propõe-se desenvolver um aplicativo móvel visando solucionar esses problemas, permitindo com que o engenheiro civil projetista, aprimore os projetos estruturais, com uma ferramenta *mobile* para dimensionar de forma simples e eficiente os pontos de cimbramento de lajes planas, assim como, ao construtor/executor que irá adotar um plano de escoramento e reescoramento com maior segurança respeitando as diretrizes normativas mesmo com ausência de pontos e metodologia de cimbramento em projeto estrutural de lajes maciças ou treliçadas. E dessa forma ter essas soluções de forma automatizada pelo algoritmo do app, e apresentadas a tela do usuário, contribuindo imensamente para a tomada de decisão, levantamento quantitativo do cimbramento, prazo e cronograma das etapas de escoramento remanescente, alocação de escoras e segurança nas demais etapas construtivas, visto que os elementos estruturais vão estar apoiados devidamente e estanques na sua etapa de cura.

1.2 OBJETIVOS

Desenvolver uma aplicação móvel nativa para o sistema operacional *Android*. Voltada ao dimensionamento de estruturas provisórias de madeira, utilizando escoras de madeira diametral, para o cimbramento de lajes maciças e treliçadas.

1.3 METODOLOGIA DE TRABALHO E DE DESENVOLVIMENTO DE SOFTWARE

A metodologia idealizada para a construção do protótipo é baseada no modelo ágil, de forma que exista uma transparência garantida em todos os processos que envolvam o resultado e que sejam claras para ambas as partes envolvidas no projeto, dessa forma, existem várias metodologias de desenvolvimento classificadas como ágil, e dentre elas optou-se pela FDD.

Feature-Driven Development (FDD) é uma metodologia de desenvolvimento de software que inclui alguns benefícios de processos rigorosos, como modelagem, planejamento prévio e controle do projeto, assim como contém características de processos ágeis, como foco na programação, interação constante com o cliente e entrega frequente de versão do produto (SILVA et al, 2009). Portanto, dentro da metodologia FDD os processos tem como objetivo iniciar pequenas iterações que normalmente duram em torno de duas semanas, onde ao final acontece a entrega de uma parte do software funcionando (HIGHSMITH, 2002).

A metodologia FDD busca o desenvolvimento por funcionalidade, ou seja, por um requisito funcional do sistema. É prática para o trabalho com projetos iniciais ou projetos com codificações existentes. E baseia-se em um conjunto de ações que devem ser cumpridas para garantir êxito em um projeto de software.

A construção das funcionalidades foram subdivididas em quatro etapas:

1. Desenvolvimento de um modelo;
2. Levantamento das funcionalidades (Wireframes, Storyboard);
3. Planejamento das funcionalidades (INPUTS e OUTPUTS);
4. Construção por funcionalidade (Programar cada funcionalidade planejada).

Inicialmente, foi utilizada uma modelagem estruturada para a obtenção dos resultados, priorizando a facilidade em controlar o fluxo da estrutura do código.

2. DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O aplicativo ReEscore Lajes – Escoramento em madeira, utiliza-se de uma interface amigável e prática, buscando tornar a ferramenta acessível não apenas a utilização de profissionais experientes e engenheiros estruturais, mas também a públicos mais leigos e a engenheiros recém formados ou ainda acadêmicos.

A aplicação recebe parâmetros do usuário a depender do tipo de elemento estrutural escolhido por este (laje maciça ou laje treliçada), e a partir do preenchimento de todos os itens, é requerido também o preenchimento dos parâmetros referentes ao escoramento do elemento estrutural escolhido. Por fim, são realizadas as verificações contidas nas normas técnicas ABNT NBR 15696 – Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – projeto, dimensionamento e procedimentos executivos e a ABNT NBR 7190 – Projeto de estruturas de madeira.

E então é exibido para o usuário as variáveis de cálculo contidas na verificação da norma ABNT NBR 7190, bem como um projeto de escoramento em formato PDF para leitura no próprio aplicativo ou para leitura e download através da extensão do *Google drive*. Também é exposto uma planilha em formato XLS para download no próprio dispositivo do usuário

3. REQUISITOS DO SISTEMA

A seguir, apresentam-se os requisitos funcionais e não funcionais da aplicação.

Obs.: Os textos a seguir expressos na fonte **Comic Sans MS** Tam.:12, referem-se aos textos como expressos no aplicativo.

3.1 REQUISITOS FUNCIONAIS

Inicialmente, a aplicação é responsável por captar os dados de entrada do usuário, realizar as verificações contidas na norma técnica ABNT NBR 7190. Para isso, primeiramente é requerido uma decisão entre laje maciça ou treliçada, remetendo ao elemento estrutural que será cimbrado.

3.1.1 Inputs

3.1.1.1 Requisitos Funcionais Para Laje Treliçada

A partir da tela de laje treliçada exibida para o usuário, é necessário o preenchimento de todos os parâmetros descritos a seguir, do contrário a programação lógica do aplicativo não permite o avanço para a próxima tela, referente aos parâmetros de escoramento. Caso o usuário

persista em querer avançar sem preencher algum dos itens, é exibido na tela um aviso em forma de *Toast* com a mensagem: **Por favor, preencha todos os campos.**

3.1.1.1.1 Tipo de vigota treliçada

Esse item é preenchido a partir de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre uma lista de possíveis tipos de vigotas:

- Vigota TR 06;
- Vigota TR 08;
- Vigota TR 10;
- Vigota TR 12.

3.1.1.1.2 Tipo de Enchimento

Esse item é preenchido a partir de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre dois possíveis tipos de enchimento para a laje.

- Lajota cerâmica (Até 30 cm de comprimento);
- Bloco de EPS (Até 30 cm de comprimento).

3.1.1.1.3 Camada de Capeamento (cm)

Item digitado pelo usuário, contemplando valores de até 10 centímetros, caso contrário, é exibido um *Toast* com a mensagem: **Valor não suportado.** Este item também contempla um informativo clicável em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.1.4 Ly – Comprimento

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre 2, 3 e 4 metros. Também contendo um informativo em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.1.5 Lx – Largura

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre 2, 3 e 4 metros. Também contendo um informativo em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.2 *Requisitos Funcionais Para Laje Maciça*

A partir da tela de laje maciça exibida para o usuário, é necessário o preenchimento de todos os parâmetros descritos a seguir, do contrário a programação lógica do aplicativo não permite o avanço para a próxima tela, referente aos parâmetros de escoramento. Caso o usuário persista em querer avançar sem preencher algum dos itens, é exibido na tela um aviso em forma de *Toast* com a mensagem: **Por favor, preencha todos os campos.**

3.1.1.2.1 Espessura da Laje (cm)

Item digitado pelo usuário, contemplando valores de até 20 centímetros, caso contrário, é exibido um *Toast* com a mensagem: **Valor não suportado.** Este item também contempla um informativo clicável em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.2.2 Ly – Comprimento

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre 2, 3 e 4 metros. Também contendo um informativo em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.2.3 Lx – Largura

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre 2, 3 e 4 metros. Também contendo um informativo em forma de interrogação: ? contendo mais informações sobre o INPUT que está sendo solicitado.

3.1.1.3 *Requisitos Funcionais Para o Escoramento*

A partir da tela de escoramento exibida para o usuário, é necessário o preenchimento de todos os parâmetros descritos a seguir, do contrário a programação lógica do aplicativo não permite o avanço para a próxima tela, referente aos resultados. Caso o usuário persista em querer avançar sem preencher algum dos itens, é exibido na tela um aviso em forma de *Toast* com a mensagem: **Por favor, preencha todos os campos.**

3.1.1.3.1 Tipo/Espécie da Madeira

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre alguns tipos e espécies de madeira, dentre eles estão madeiras mais usuais e comumente utilizadas para escoramento, bem como as madeiras características via ABNT NBR 7190.

A partir do preenchimento do usuário quanto ao tipo de madeira, instantaneamente é recuperado e exibido em tela os valores correspondentes a resistência a compressão (Mpa) e módulo de elasticidade (Mpa) da madeira escolhida. Os valores de resistência a compressão e módulo de elasticidade das madeiras (Eucalipto, Bracatinga, Pinus e Pinho-do-Paraná) foram extraídos a partir de dados do Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT.

- Eucalipto;
Resistência a compressão: 40 Mpa
Módulo de elasticidade: 19500Mpa
- Bracatinga;
Resistência a compressão: 30 Mpa
Módulo de elasticidade: 14500Mpa

- Pinus;
Resistência a compressão: 20 Mpa
Módulo de elasticidade: 3500Mpa

- Pinho-do-Paraná;
Resistência a compressão: 25 Mpa
Módulo de elasticidade: 8500Mpa

- Coníferas C20;
Resistência a compressão: 20 Mpa
Módulo de elasticidade: 3500Mpa

- Coníferas C25;
Resistência a compressão: 25 Mpa
Módulo de elasticidade: 8500Mpa

- Coníferas C30;
Resistência a compressão: 30 Mpa
Módulo de elasticidade: 14500Mpa

- Dicotiledôneas C20;
Resistência a compressão: 20 Mpa
Módulo de elasticidade: 9500Mpa

- Dicotiledôneas C30;
Resistência a compressão: 30 Mpa
Módulo de elasticidade: 14500Mpa

- Dicotiledôneas C40;
Resistência a compressão: 40 Mpa
Módulo de elasticidade: 19500Mpa

- Dicotiledôneas C60;

Resistência a compressão: 60 Mpa

Módulo de elasticidade: 24500Mpa

3.1.1.3.2 Tempo de Duração do Carregamento

Item preenchido através de um *Spinner*, onde o usuário escolhe entre os tipos de carregamento encontrados na obtenção do KMOD1 na tabela 10 da ABNT NBR 7190, onde foram levados em consideração apenas os coeficientes referentes a madeira serrada.

- Carga permanente;
- Longa duração (mais de 6 meses);
- Média duração (uma semana a 6 meses);
- Curta duração (menos de uma semana);
- Duração instantânea.

3.1.1.3.3 Diâmetro(cm)

Item digitado pelo usuário, contemplando valores de até 14 centímetros, caso contrário, é exibido um *Toast* com a mensagem: **Valor não suportado.**

3.1.1.3.4 Comprimento (metros)

Item digitado pelo usuário, contemplando valores de até 4 metros, caso contrário, é exibido um *Toast* com a mensagem: **Valor não suportado.**

3.1.2 Verificações e Cálculos

3.1.2.1 *Laje Trelaçada*

A tela para laje treliçada é composta inicialmente de uma verificação quanto ao preenchimento de todos os itens, como já descrito no item 3.1.1.1, e de cálculos que dispõem sobre o peso próprio da laje a partir dos dados de entrada do usuário.

A partir do observado na (Quadro A-1) foi adotado a situação mais extrema de carregamentos a partir das vigotas anteriormente escolhidas pelo usuário.

Vão livre máximo	6,60 m
Sobrecarga acidental máxima	600 kgf/m ²
Altura da laje (sem capa de concreto)	0,12 m
Peso próprio da laje com preenchimento em lajota cerâmica (sem capa de concreto)	64 kg/m ²
Peso próprio da laje com preenchimento em EPS (sem capa de concreto)	18 kg/m ²

Quadro A-1: Tabela de carregamentos de uma laje treliçada utilizada vigota TR-12, Adaptada. (Fonte: Lajes ITAIPU).

Assim, para a vigota TR 12 obtém-se 64 kg/m² para o peso próprio da laje com enchimento em lajota cerâmica e 18 kg/m² de peso próprio da laje com preenchimento em EPS. Que convertendo para as unidades utilizadas no dimensionamento, obtém-se 0,627 kN/m² e 0,176 kN/m² respectivamente. Para esse cálculo é necessário recuperar o valor inserido pelo usuário no item 3.1.1.1.3 Camada de capeamento.

Portanto, a partir da escolha do usuário entre o tipo de enchimento da laje treliçada, é realizada uma condicional e posteriormente o trecho de cálculo utilizando uma das seguintes equações:

- Laje com enchimento em lajota cerâmica:

$$(\text{Camada de capeamento da laje} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0,01) + (0,627 \text{ kN/m}^2 + 7 \text{ kN/m}^2) \quad (\text{Eq. A-1})$$

- Laje com enchimento em EPS:

$$(\text{Camada de capeamento da laje} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0,01) + (0,176 \text{ kN/m}^2 + 7 \text{ kN/m}^2) \quad (\text{Eq. A-2})$$

O valor resultante das equações (Eq. A-1) ou (Eq. A-2) é tomado como uma carga pontual, centrada na parcela de 1 m² da laje calculada (Eq. A-3), pois, é a área de influência analisada para o dimensionamento da escora de madeira. Possibilitando a aplicação nas equações de dimensionamento de peças a compressão da ABNT NBR 7190.

$$\text{kN/m}^2 * 1 \text{ m}^2 = \text{kN} \quad (\text{Eq. A-3})$$

Já a constante de 7 kN/m² foi implementada como sobrecarga acidental para movimentações a hora da execução da laje e cargas de vento que o escoramento pode vir a receber.

3.1.2.2 *Laje Maciça*

A tela para laje treliçada é composta inicialmente de uma verificação quanto ao preenchimento de todos os itens, como já descrito no item 3.1.1.2, e de cálculos que dispõem sobre o peso próprio da laje a partir dos dados de entrada do usuário (Eq. A-4). Para esse cálculo é necessário recuperar o valor inserido pelo usuário no item 3.1.1.2.1 Espessura da laje.

$$(\text{Espessura da laje em centímetros} * 25 \text{ kN/m}^3 * 0,01) + (7 \text{ kN/m}^2) \quad (\text{Eq. A-4})$$

Como exposto no item 3.1.2.1, o cálculo de peso próprio utilizado, é realizado a partir de 1 metro quadrado de laje, pois é a área de influência analisada para o dimensionamento da escora de madeira. Já a constante de 7 kN/m² foi implementada como sobrecarga acidental para movimentações a hora da execução da laje e cargas de vento que o escoramento pode vir a receber.

3.1.2.3 *Escoramento*

A tela para os dados de escoramento depende exclusivamente de uma verificação quanto ao preenchimento de todos os itens, como já descrito no item 3.1.1.3.

3.1.2.4 *Resultados*

A tela para os resultados tem em seu código-fonte várias verificações e seis cálculos principais, e que se baseiam no cálculo de peças de madeira a compressão da NBR 7190.

Basicamente, todos os subitens da seção 3 são recuperados aqui por meio da chamada das variáveis.

Inicialmente, é realizado o cálculo de várias etapas que precedem os procedimentos descritos na ABNT NBR 7190, dentre elas, o cálculo de área, módulo resistente, inércia e raio

de giração da escora, como observado na (Fig. A-1) todos levando em consideração o diâmetro da peça informado pelo usuário no item 3.1.1.3.3.

```
double area = (Math.pow(diametro1,2) *3.14)/(4);
double moduloresistente = (Math.pow(diametro1,3) *3.14) /(32);
double inercia = (Math.pow(diametro1,4))*(3.14)/(64);
double imin = (inercia)/(area);
```

Figura A-1: Trecho de código 1 (Fonte: Autor).

Avançando, são feitos os cálculos que buscam classificar o tipo de peça que foi inserida pelo usuário de acordo com os INPUTS fornecidos e com a classificação da ABNT NBR 7190 entre peças curtas, medianamente esbeltas e esbeltas.

```
double lambda = (comprimento2)/((Math.pow(imin, 0.5)));
double fc0d1 = (((kmod1*0.8*0.8)*0.7)*fc0k1)/(1.4);
```

Figura A-2: Trecho de código 2 (Fonte: Autor).

A variável `fc0d1` presente na (Fig. A-2) é responsável por trazer a resistência a compressão paralela as fibras da madeira, e os valores de `KMOD2` e `KMOD3` necessários a esse cálculo foram adotados como constantes iguais a 0,8 por motivos de simplificação dos dados de entrada, tornar a linguagem do software mais amigável junto ao usuário e a dificuldade de tratamento e exclusões que esses dados teriam. Por isso, optou-se dentre os possíveis valores normativos o uso de 0,8 para minorar a resistência paralela as fibras da madeira das escoras visando trazer mais segurança ao dimensionamento.

De acordo com a primeira equação da (Fig. A-2), a variável `lambda` é responsável por classificar a peça, sendo assim, para valores de $lambda \leq 40$ as peças são consideradas curtas (Fig. A-3), já para $40 < lambda \leq 80$ as peças são medianamente esbeltas (Fig. A-4). Por fim, para peças $80 < lambda \leq 140$ as peças são consideradas esbeltas (Fig. A-5).

```
else if (lambda<=40) {
    //curta
```

Figura A-3: Trecho de código 3 (Fonte: Autor).

```
if (40 < lambda && lambda <= 80){  
    //medianamente esbelta
```

Figura A-4: Trecho de código 4 (Fonte: Autor).

```
else if (80 < lambda && lambda <= 140){  
    //esbelta
```

Figura A-5: Trecho de código 5 (Fonte: Autor).

Para qualquer situação de projeto com valores de lambda acima de 140, o usuário é enviado de volta a tela de escolha do cimbramento com a seguinte mensagem: **Valor de lambda acima de 140, redimensione os valores de altura ou diâmetro da peça e tente novamente!**

3.1.2.4.1 Peças Curtas

Ao entrar na condicional de peças curtas, é feito o cálculo de tensão devido a esforços de compressão, ao dividir o peso próprio da laje em questão (já transformado para uma carga axial) pela área da seção, sendo essa divisão menor ou igual a resistência a compressão de projeto, a peça está adequada ao uso para essa solicitação, como expresso pela (Fig. A-6)

```

if (pesopropriolajeMacica!=0){
    double verificacaoCurta = pesopropriolajeMacica/area;
    if (verificacaoCurta<=fc0d1){
        textViewVerificacao.setText("OK");
    }else{textViewVerificacao.setText("não OK");}
}
else{
    double verificacaoCurta1 = pesopropriolajetrelicada/area;
    if (verificacaoCurta1<=fc0d1){
        textViewVerificacao.setText("OK");
    }else{textViewVerificacao.setText("não OK");}
}
}

```

Figura A-6: Trecho de código 6 (Fonte: Autor).

3.1.2.4.2 Peças Medianamente Esbeltas

Ao entrar na condicional de peças medianamente esbeltas, faz-se os demais cálculos necessários ao dimensionamento, como a excentricidade acidental e da carga crítica como na (Fig. A-7).

```

double excacidental1 = comprimento2/300;

double ncr1 = (Math.pow(3.14, 2) * kmod1 * 0.8 * 0.8 * ec0m1 * inercia)/(Math.pow(comprimento2,2));

```

Figura A-7: Trecho de código 7 (Fonte: Autor).

Posteriormente, é feito o cálculo de momento fletor atuante na escora, e a partir dele, obtém-se o resultado (Fig. A-8) da soma de tensões que deve ser ≤ 1 .

```

textViewPeca.setText("Peça medianamente esbelta");

double md1 = (pesopropriolajeMacica*excacidental1*ncr1) /(ncr1-pesopropriolajeMacica);

double resultadoEsbelta = ((pesopropriolajeMacica/(area*fc0d1)) + (md1)/(moduloresistente*fc0d1));

```

Figura A-8: Trecho de código 8 (Fonte: Autor).

3.1.2.4.3 Peças Esbeltas

Ao entrar na condicional de peças esbeltas, faz-se os demais cálculos necessários ao dimensionamento, como a excentricidade acidental e da carga crítica como na (Fig. A-8).

Posteriormente, é feito o cálculo da fluência da carga e do momento fletor atuante na escora, e a partir deles, obtém-se o resultado (Fig. A-9) da soma de tensões que deve ser ≤ 1 .

```
textViewPeca.setText("Peca esbelta");

double fluencia = ((2*ncr1)/(ncr1-pesopropriolajeMacica))-1;

double md = (pesopropriolajeMacica*(excacidental1 + fluencia)*ncr1)/(ncr1-pesopropriolajeMacica);

double resultadoEsbelta1 = ((pesopropriolajeMacica/(area*fc0d1)) + (md)/(moduloresistente*fc0d1));
```

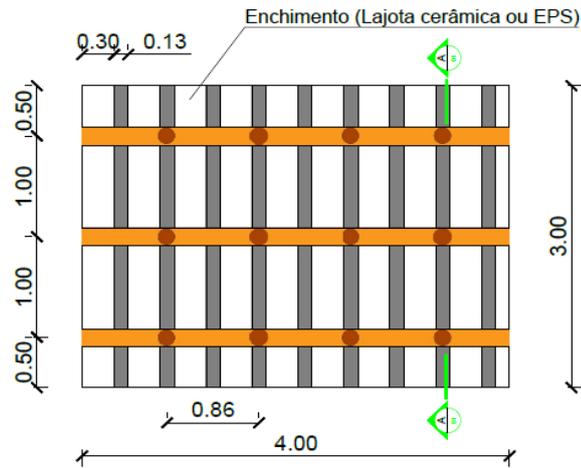
Figura A-9: Trecho de código 9 (Fonte: Autor).

3.1.3 Outputs

Os outputs diferem a partir da escolha do tipo de elemento estrutural do usuário, como serão descritos nos itens a seguir.

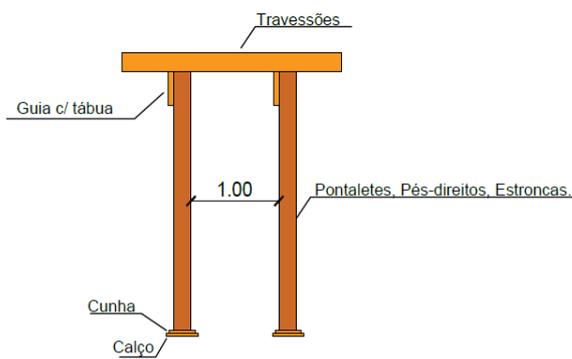
3.1.2.1 Laje Treliçada

Os outputs para lajes treliçadas são dois arquivos nos formatos PDF e XLS. De acordo com a conformidade nas verificações e cálculos que ocorrem nas telas de lajes, escoramento e resultados. Nessa última, o usuário tem a opção de visualização e download de um projeto de cimbramento para a laje treliçada (Fig. A-10), (Fig. A-11), (Fig. A-12), (Fig. A-13), (Fig. A-14) assim como o download em seu próprio dispositivo de uma planilha em formato XLS contendo as informações escolhidas como INPUTS.



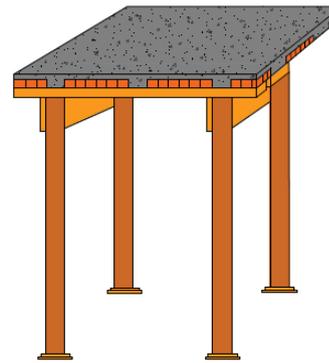
1 PLANTA BAIXA DE ESCORAMENTO
ESC 1:50

Figura A-10: Planta baixa de escoramento (Fonte: Autor).



2 CORTE A-A ESCORAMENTO
ESC 1:50

Figura A-11: Corte A-A escoramento (Fonte: Autor).



3 PERSPECTIVA ISOMÉTRICA
ESCORAMENTO
ESC 1:50

Figura A-12: Perspectiva (Fonte: Autor).

NOTAS:

ESSE PROJETO FOI ELABORADO COM BASE NAS NORMAS:

* ABNT NBR 15696 - FÔRMAS E ESCORAMENTOS PARA ESTRUTURAS DE CONCRETO - PROJETO, DIMENSIONAMENTO E PROCEDIMENTOS EXECUTIVOS.

* ABNT NBR 7190 - PROJETO DE ESTRUTURAS DE MADEIRA

O DIMENSIONAMENTO DAS ESTRUTURAS DE ESCORAMENTO FICAM RESTRITAS A APLICAÇÃO DAS CONDIÇÕES PREVISTAS NAS NORMAS, BEM COMO DOS PARÂMETROS DE ENTRADA FORNECIDOS PELO USUÁRIO.

É DE RESPONSABILIDADE DO EXECUTOR PROVER DE MADEIRA COM UMIDADE MÍNIMA DE 12% E EM CONDIÇÕES DE SECAGEM ADEQUADAS, SEM EXCESSO DE NÓS E FENDAS APARENTES, SEM FUNGOS, APODRECIMENTO E EMENDAS EM DESACORDO COM A NORMA NBR 7190.

É DE RESPONSABILIDADE DO EXECUTOR O CORRETO TRAVAMENTO E EXECUÇÃO DAS ESTRUTURAS DE ESCORAMENTO.

O DIMENSIONAMENTO DAS ESCORAS LEVA EM CONSIDERAÇÃO $KMOD2 = 0.8$ E $KMOD3 = 0.8$, E ÁREA DE INFLUÊNCIA DE CADA ESCORA DE $1.00M^2$.

O DIÂMETRO ACEITÁVEL DAS ESCORAS PARA FINS DE DIMENSIONAMENTO VARIA DE 8 A 14 CM.

A ALTURA MÁXIMA DAS LAJES CONSIDERADAS SÃO DE ATÉ 4 METROS, A MEDIDA QUE ACIMA DE 3,5 METROS FAZ- SE NECESSÁRIO O TRAVAMENTO DAS ESCORAS POR MEIO DE TÁBUAS GUIA PASSANDO NO MEIO DAS ESCORAS.

AS MADEIRAS ABERTAS A ESCOLHA DO USUÁRIO SÃO CORRELACIONADAS AS MADEIRAS GENÉRICAS DICOTILEDÔNEAS DA NORMA NBR 7190.

DEMAIS CONSIDERAÇÕES E DÚVIDAS SOBRE O USO DO APLICATIVO, ENTRAR EM CONTATO COM O DESENVOLVEDOR ATRAVÉS DO E-MAIL: LINCOLN-MD@HOTMAIL.COM

Figura A-13: Notas e considerações de projeto (Fonte: Autor).

	A	B	C	D	E
1	Tipo de Madeira:	Eucalipto			
2	Diâmetro das escoras:	12,0 cm			
3	Altura da edificação/ comprimento das escoras:	2,8 m			
4	Espessura ou camada de capeamento:	5,0 cm			
5	Treliça:	Vigota TR 08			
6	Enchimento:	Lajota Cerâmica (até 30 cm comprimento)			
7					
8					
9					
10					
11					
12					

fx Digite um texto ou uma fórmula

Figura A-14: Planilha XLS (Fonte: Autor).

3.1.2.2 Laje Maciça

Os outputs para lajes maciças são dois arquivos nos formatos PDF e XLS. De acordo com a conformidade nas verificações e cálculos que ocorrem nas telas de lajes, escoramento e resultados. Nessa última, o usuário tem a opção de visualização e download de um projeto de cimbramento para a laje treliçada (Fig. A-13), (Fig. A-14), (Fig. A-15), (Fig. A-16), (Fig. A-17) assim como o download em seu próprio dispositivo de uma planilha em formato XLS contendo as informações escolhidas como INPUTS.

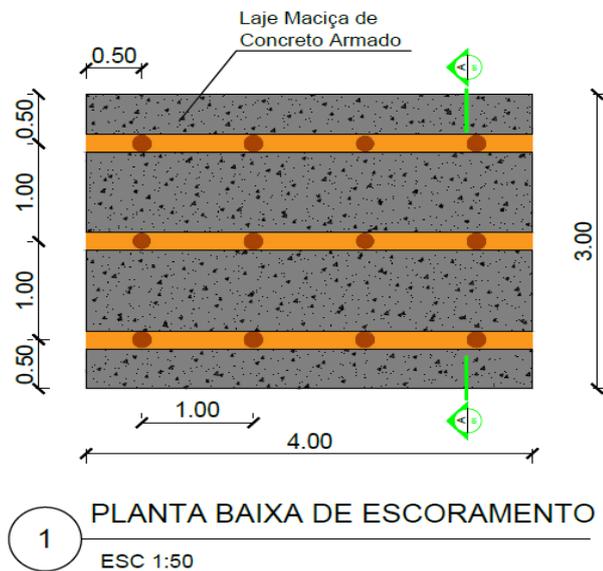


Figura A-15: Planta baixa de escoramento (Fonte: Autor).

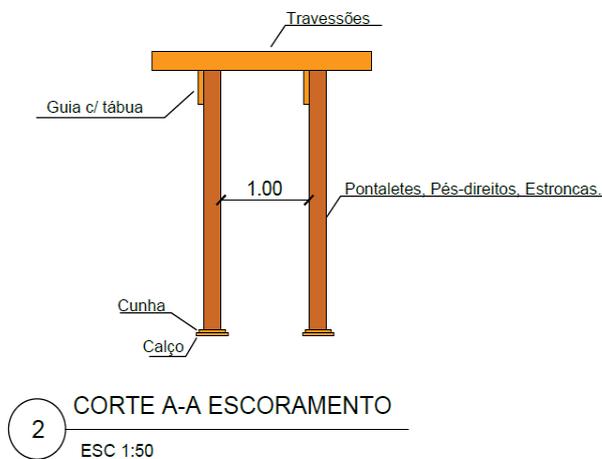


Figura A-16: Corte A-A escoramento (Fonte: Autor).



Figura A-17: Perspectiva (Fonte: Autor).

3.2 REQUISITOS NÃO-FUNCIONAIS

3.2.1 Requisitos de usabilidade

Usuários necessitarão de uma breve descrição de como funciona o sistema, que apesar de intuitivo e de conter vários informativos, ainda precisa ser de conhecimento de um primeiro usuário.

3.2.2 Requisitos de eficiência

O aplicativo deve permanecer funcional, rápido e ao toque, sendo capaz de processar todas as requisições feitas pelo usuário com um tempo de resposta mínimo, entre 1 e 3 segundos.

3.2.3 Requisitos de confiabilidade

O aplicativo deverá ter alta disponibilidade e segurança, de modo a estar sempre disponível e funcional e não comprometer futuros dados de credenciais do usuário.

3.2.4 Requisitos de portabilidade

O aplicativo está disponível inicialmente, apenas para o sistema operacional *Android*, sendo executável em aproximadamente 99,2% dos dispositivos *android*, de acordo com o SDK mínimo API 17: *Android 4.2 (Jelly Bean)*.

3.2.5 Requisitos de implementação

O aplicativo está disponível inicialmente, apenas na linguagem de programação *JAVA*.

3.2.6 Requisitos Legais

O aplicativo deverá atender as legislações de uso e disponibilização exigidas pelo Google para a sua disponibilidade na Google Play Store, bem como deverá atender as normas brasileiras vigentes quanto ao dimensionamento e projeto de estruturas provisórias.

4. MODELO DE DADOS

Buscando diminuir a complexidade inicial do modelo do software, buscou-se o não armazenamento das informações capturadas. Assim, as mesmas são preenchidas pelo usuário, feitas as validações e verificações e posteriormente são perdidas junto ao final do processo teórico de funcionamento da aplicação. Portanto, não há a existência de um banco de dados, logo, todas as informações que não são salvas na planilha XLS, mas são fundamentais para a geração da mesma junto ao projeto de escoramento em formato PDF não são salvas após a saída do usuário ou do encerramento do aplicativo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS E RECOMENDAÇÕES

Por fim, recomenda-se o uso do software para a verificação e projeto de estruturas provisórias de madeira de lajes maciças e nervuradas de até 4 metros de altura, contemplando dimensões de comprimento e largura nas variações de 2, 3 e 4 metros. Guardadas as restrições de diâmetro de escora, tipos de madeira e graus de apoio da laje em questão, não contemplando lajes em balanço ou marquises.

A partir da concepção do software ReEscore, espera-se e recomenda-se *updates* futuros de modo a oferecer melhorias como por exemplo a inserção dos dados do projetista no projeto, maior gama de variação de dimensões possíveis, dimensionamento de escoras para torres de escoramento, concepção de um banco de dados relacional para armazenamento das informações, atualização e melhoria das classes e variáveis utilizadas, programação em tecnologias adaptáveis a plataformas diferentes do sistema operacional *Android*.

Conclui-se que o software foi capaz de atender e solucionar os problemas de dimensionamento para os parâmetros aos quais foi programado e idealizado, além de também conseguir obter um design satisfatório e intuitivo a grande maioria dos seus usuários. O ReEscore Lajes – Dimensionamento em madeira apresenta um enorme potencial evolutivo e de fácil inserção no mercado corporativo, pois como demonstrado, apenas com a sua primeira versão já consegue projetar estruturas provisórias de cimbramento em madeira e realizar as verificações de cálculo contidas nas principais normas técnicas brasileiras. Diante disso e reafirmando a eficácia atual do aplicativo, atualizações e aperfeiçoamentos pontuais o

transformarão em uma ferramenta importante e imprescindível para qualquer projeto estrutural de estruturas de lajes de concreto armado.

6. REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 7190: **Projeto de estruturas de madeiras**. Rio de Janeiro, 1997;

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 15696: **Fôrmas e escoramentos para estruturas de concreto – Projeto, dimensionamento e procedimentos executivos**. Rio de Janeiro, 2009;

HIGHSMITH, J. **Agile Software Development Ecosystems**. Addison Wesley, 2002;

LAJES ITAIPU. **TABELAS**. Disponível em: < <https://www.lajesitaipu.com.br/tabelas/>>
Acessado em 21 de fevereiro, 2019;

SILVA, F. G.; HOENTSCH, S. C. P.; SILVA, L. **Uma análise das Metodologias Ágeis FDD e Scrum sob a Perspectiva do Modelo de Qualidade MPS.BR**. Scientia plena vol. 5, num. 12, 2009.