



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

STELAMARIS ALVES DE SIQUEIRA

**VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM: UM ESTUDO DO
CÓDIGO DE OBRAS E POSTURAS DE CRATEÚS, CE**

CRATEÚS

2022

STELAMARIS ALVES DE SIQUEIRA

VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM: UM ESTUDO DO CÓDIGO
DE OBRAS E POSTURAS DE CRATEÚS, CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Orientador: Prof. Me. Luis Felipe Cândido.

CRATEÚS

2022

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação
Universidade Federal do Ceará
Biblioteca Universitária
Gerada automaticamente pelo módulo Catalog, mediante os dados fornecidos pelo(a) autor(a)

S632v Siqueira, Stelamaris Alves de.
Verificação automática de projetos em BIM: Um estudo do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE /
Stelamaris Alves de Siqueira. – 2022.
75 f. : il. color.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação) – Universidade Federal do Ceará, Campus de Crateús,
Curso de Engenharia Civil, Crateús, 2022.
Orientação: Prof. Me. Luis Felipe Cândido.

1. Verificação automática. 2. Linguagem de Programação Visual. 3. BIM. I. Título.

CDD 620

STELAMARIS ALVES DE SIQUEIRA

VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM: UM ESTUDO DO CÓDIGO
DE OBRAS E POSTURAS DE CRATEÚS, CE

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao
Curso de Engenharia Civil da Universidade
Federal do Ceará, como requisito parcial à
obtenção do título de bacharel em Engenharia
Civil.

Aprovada em: ___/___/_____.

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Luis Felipe Cândido (Orientador)
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Prof. Ma. Tatiane Lima Batista
Universidade Federal do Ceará (UFC)

Eng. Francisco Alverne Albuquerque Paiva Junior
Aval Engenharia

À Deus.

À minha família e amigos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus pais, Joselito Arruda de Siqueira e Maristela Alves Teixeira, e à minha irmã, Stéfane Alves de Siqueira, pelo apoio e paciência. Aos membros de quatro patas da família, Jeremias, Josefina, Jaime, Judite, Jasmine e Joaquina, por proporcionar conforto emocional durante o período de pandemia. Em extensão, a todos os membros da minha família, que acreditaram em mim e me apoiaram de diferentes formas durante essa jornada.

Ao meu estimado orientador Prof. Me. Luis Felipe Cândido, pela paciência e dedicação, não apenas durante o TCC, mas também durante todos os outros projetos em que nos envolvemos juntos durante a faculdade. Obrigada por me aturar durante todos esses anos, e principalmente por confiar e acreditar em mim, mesmo quando eu mesma não era capaz de acreditar.

Aos diversos professores que contribuíram para minha formação, cada um de vocês adicionou não apenas conhecimentos à minha caminhada, mas também viraram modelos a quem eu posso me espelhar.

Aos inúmeros membros, servidores e alunos da UFC, que eu tive a sorte de conhecer, e que tornaram os dias da faculdade mais fáceis. Agradeço a todas as conversas, conselhos e atenção.

Aos amigos que caminharam junto o caminho da Engenharia Civil, pessoas maravilhosas, inteligentes e gentis. Em especial, à minha querida amiga Rafaelly, cuja tradição de fazer todos os trabalhos da faculdade junto segue até o final do TCC. Eu tenho muita sorte de ter você na minha vida, não teria tido tanto sucesso em Crateús se você não estivesse sempre ao meu lado. Para sermos melhores, devemos nos cercar das melhores pessoas, e eu tive sorte de encontrar você, e espero que tenha consciência de quanto é importante para mim.

Aos meus amigos de longa data, espalhados pelo Ceará, e que mesmo longe estão sempre presentes na minha vida. Aos meus estimados Isadora, Eduardo, Edycarlos, Ailton, Jonas, Salmo, Ivam e Felipe, por me manterem firme durante esses períodos difíceis e me apoiarem para manter o foco no TCC.

A todos que, direta ou indiretamente, contribuíram para que eu chegasse onde estou, e a me levar onde eu quero chegar.

“E essa busca pelo melhor exige humildade e exige que coloquemos em dúvida as práticas que nós já tínhamos. Porque se as práticas que tínhamos e temos no dia a dia fossem suficientes, já estaríamos melhor.”

Mário Sergio Cortella

RESUMO

O uso da Modelagem da Informação na Construção (BIM) tem sido um meio de melhorar diversos processos, dentre eles, os de aprovação de projetos. Com modelos BIM é possível realizar a verificação automática da conformidade dos projetos com códigos de obra, normas, leis e até mesmo critérios estabelecidos pelos projetistas. Porém, isto não é um processo simples e requer que este conjunto de critérios seja traduzido em linguagem de programação, sendo a clareza da lei requisito fundamental para que isso seja possível. Em pequenas cidades, como é o caso de Crateús, essa possibilidade pode trazer benefícios à empresários e poder público, o que levou à seguinte questão: como a linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM pode ser aplicada para Código de Obras e Posturas de Crateús, CE? Assim, o presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade da Linguagem de Programação Visual (LPV) para checagem automática de projetos em BIM, conforme o Código de Obras e Posturas de Crateús (COP), CE. Seguindo os passos da *Design Science Research* realizou-se uma revisão da literatura, que subsidiou a elaboração de um roteiro de entrevista que foi aplicado à quatro agentes, incluindo a analista da prefeitura. Foi possível mapear o processo de aprovação e a forma de avaliação técnica dos projetos, tendo sido observado como principal dificuldade a adequada aplicação da lei, o que reforça o potencial de aplicação de uma checagem automática. Assim averiguou-se quais critérios de aprovação de projetos residenciais do COP poderiam ser checados automaticamente através de modelos BIM para então implementar o artefato proposto que consistiu em rotinas de Linguagem de Programação Visual utilizando a ferramenta Dynamo, associado ao software Revit. Com o código desenvolvido, verificou-se a sua aplicabilidade, por meio de sua aplicação em um projeto recém aprovado na prefeitura e que foi concedido por um dos entrevistados. Percebeu-se que verificações automáticas foram assertivas com os resultados manuais, o que demonstrou a sua funcionalidade. Assim, pôde-se concluir a aplicabilidade da linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM conforme o Código de Obras e Posturas de Crateús, CE. Ainda, pode-se observar oportunidades de melhoria à lei em causa, o que contribui para a atualização de leis municipais, como apontado nos resultados do presente trabalho. Estudos futuros também foram propostos.

Palavras-chave: Verificação automática. Linguagem de Programação Visual. BIM.

ABSTRACT

Using Building Information Modeling (BIM) has been a means of improving several processes, including project approval. With BIM models, it is possible to automatically verify the compliance of projects with building codes, standards, laws or even criteria established by building designers. However, this is not a simple process and requires this set of criteria to be translated into a programming language, being the clarity of the current law a fundamental requirement for its application. In small towns, such as Crateús, this possibility can bring benefits to construction entrepreneurs and public authorities, which led to the following question: how can visual programming language for automatic checking of BIM projects be applied to Building Code of Crateús? Thus, the present work aimed to analyze the applicability of Visual Programming Language (VPL) for automatic checking of BIM projects, according to the Building Code of Crateús. Following the footsteps of Design Science Research, a literature review was carried out, which supported the elaboration of interview scripts, applied to four agents, including the city hall analyst. It was possible to map the approval process and the technical evaluation of projects, having been observed as the main difficulty the proper application of the law, which reinforces the potential of applying an automatic check. Thus, it was verified which Building Code's residential projects approval criteria could be automatically checked through BIM models, to then implement the proposed artifact, consisting of Visual Programming Language routines using Dynamo, associated with Revit, a modelling software. With the code developed, its applicability was verified, through its application in a project recently approved by the city hall, granted by one of the interviewees. It was noticed automatic checks were assertive with manual results, which demonstrated its functionality. Thus, it was possible to conclude the applicability of visual programming language for automatic checking of BIM projects according to Crateús' Building Code. Still, it is possible to observe opportunities to improve the law in question, which contributes to the updating of municipal laws, as pointed out in the results of this work. Future studies were also proposed.

Keywords: Automatic verification. Visual Programming Language. BIM.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Campos BIM, com respectivos atores e entregas	21
Figura 2 - Estágios BIM	22
Figura 3 - Processo de Implementação	25
Figura 4 - Estrutura de Delineamento da pesquisa	29
Figura 5 - Fluxograma emissão de Alvará de Construção.....	34
Figura 6 - Destaque Tabela B: Área mínima por ambiente	45
Figura 7 - Tabela de Identificação critério N1.1	45
Figura 8 - Destaque Tabela B: Iluminação mínima por ambiente.....	46
Figura 9 - Tabela de Identificação critério N2.1	46
Figura 10 - Destaque Tabela B: Círculo inscrito por ambiente	47
Figura 11 - Tabela de Identificação critério N3.1	47
Figura 12 - Planta baixa do projeto usado para avaliação	48
Figura 13 - Parâmetros criados para o desenvolvimento de rotinas	49
Figura 14 - Rotina em LVP de determinação de área mínima	50
Figura 15 - Rotina em LVP de verificação de obras complementares	50
Figura 16 - Rotina em LVP de área de iluminação	50
Figura 17 - Rotina em LVP de área de ventilação.....	51
Figura 18 - Rotina em LVP de Círculo inscrito.....	51
Figura 19 - Resultado da Rotina em LVP de Círculo inscrito no Dynamo e no Revit	51
Figura 20 - Área mínima: Planilha de exportação de resultados	52
Figura 21 - Iluminação mínima: Planilha de exportação de resultados.....	53
Figura 22 - Diâmetro mínimo do círculo interno: Planilha de exportação de resultados	53

LISTA DE QUADROS

Quadro 1- Benefícios do BIM nas diversas fases do ciclo de vida da construção	23
Quadro 2 - Caracterização dos respondentes.....	30
Quadro 2 - Caracterização dos respondentes.....	31
Quadro 3 - Lista de documentos entregues à prefeitura	35
Quadro 4 - Comentários sobre o tempo de retorno da avaliação.....	36
Quadro 5 - Percepção dos entrevistados sobre a aprovação e correções dos projetos submetidos.	38
Quadro 6 - Dificuldades do COP ou do processo de emissão de alvará	39
Quadro 7 - Oportunidades de melhoria e sugestões	42
Quadro 8 - Rotinas implementadas	48

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Resumo levantamento de critérios do COP.....	44
---	----

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
BIM	Building Information Modeling – Modelagem da Informação na Construção
CAU	Conselho de Arquitetura e Urbanismo
CFT	Conselho federal de Técnicos Industriais
COP	Código de Obras e Posturas
CREA	Conselho Regional de Engenharia e Agronomia
LPV	Linguagem de Programação Visual
LUOS	Lei de Uso e Ocupação do Solo
NBR	Norma Brasileira Regulamentar
PDDU	Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano
SECITEDE	Secretaria da Ciência, Tecnologia e Educação Superior
SEDET	Secretaria de Desenvolvimento Econômico e Trabalho

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	16
1.1	Contexto	16
1.2	Problema e questão de pesquisa	17
1.3	Objetivos.....	18
1.3.1	<i>Objetivo geral.....</i>	18
1.3.2	<i>Objetivos específicos.....</i>	18
1.4	Justificativa	18
1.5	Delimitação.....	19
1.6	Roteiro/Estrutura do trabalho	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO	21
2.1	Modelagem da Informação na Construção (BIM)	21
2.2	Verificação Automática e Linguagem de Programação Visual	24
3	MÉTODO DE PESQUISA	28
3.1	Enquadramento metodológico da pesquisa	28
3.2	Delineamento da pesquisa.....	29
3.2.1	<i>Identificação de um problema de grande relevância teórica e prática</i>	30
3.2.2	<i>Obtenção de profundo conhecimento teórico e prático</i>	30
3.2.3	<i>Desenvolvimento de solução</i>	32
3.2.4	<i>Implementação e teste de solução.....</i>	33
3.2.5	<i>Avaliação do artefato.....</i>	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Análise da aplicação do Código de Obras e Posturas de Crateús.....	34
4.2	Verificação da viabilidade de automatização dos critérios de avaliação do Código de Obras e Posturas de Crateús	43
4.3	Implementação e teste do artefato	47
4.4	Avaliação do artefato proposto.....	52
5	CONCLUSÃO	54
	REFERÊNCIAS	56
	APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM ANALISTA DE PROJETOS – PODER PÚBLICO.....	59
	APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM PROJETISTAS.....	62
	APÊNDICE C – ANÁLISE DOS CRITÉRIOS COP.....	66
	APÊNDICE D – PLANILHAS DE IDENTIFICAÇÃO	69

APÊNDICE E – ROTINAS DYNAMO.....	70
APÊNDICE F – VERIFICAÇÃO MANUAL E AUTOMÁTICA.....	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contexto

Um dos principais desafios na construção civil é a elevada burocracia (CEOTTO, 2017) e a verificação de conformidade de projetos de edifícios, devido à grande quantidade de regulamentações governamentais (PREIDEL; BORRMANN, 2016). Nesse específico, dois importantes instrumentos são o Código de Obras e Posturas (COP) e a Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS), normalmente instituídos pelo Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU) de uma cidade.

O COP é uma lei utilizada no planejamento urbano, que dispõe de normas e procedimentos administrativos a serem observados no decorrer de um projeto. Em conjunto com outros instrumentos legais, como a LUOS, rege a construção segundo as premissas do PDDU. Por abranger uma grande quantidade de normas e procedimentos, o COP é um documento extenso e cheio de detalhes, que exige uma avaliação igualmente extensa e minuciosa para averiguar se os projetos de construção estão de acordo com a legislação municipal.

Nesse contexto, o processo de avaliação de projetos para obtenção do alvará de construção ainda é feito de maneira manual, conferindo e indicando eventuais correções diretamente nos projetos impressos. Tal procedimento é passível de erros e pode demandar bastante tempo e atenção do avaliador, mesmo para a conferência de elementos mais simples, o que pode gerar uma sobrecarga para o avaliador de projetos e diminuir a qualidade do serviço público prestado. Esta situação pode ser mais grave em cidades de menor porte, que dispõe de menos recursos para manter um corpo de analistas de projetos, o que pode aumentar de forma significativa o tempo de concessão de alvarás de construção.

Diante disso, diversos estudos têm empreendido esforço para melhorar este quadro, seja buscando a qualificação dos projetistas, qualificação dos analistas de projeto ou na melhoria do processo de avaliação de projetos (ROMERO; SCHEER, 2009; SANTOS, 2018). Dentre estes estudos, pode-se destacar aqueles que utilizam novas tecnologias, como é o caso dos *softwares* utilizados para Modelagem da Informação na Construção, simplesmente chamada de BIM (*Building Information Modelling*), apontando para o uso de modelos virtuais para melhorar a avaliação de projetos.

A utilização de um modelo virtual permite que informações sejam checadas com mais facilidade, e até mesmo de forma automática, facilitando a identificação de falhas,

conflitos e imprecisões, além de aumentar a agilidade e a transparência na aprovação de projetos por parte da autoridade pública. Para tanto, é importante que os critérios avaliados sejam claros e objetivos, o que implica numa análise prévia da legislação a ser utilizada como base, uma vez que nem todo o corpo do documento pode ser convertido para regras de checagem automática, seja por um texto subjetivo ou questões mais críticas quanto à qualidade do projeto, que merecem avaliação profissional mais atenciosa.

Em grandes centros urbanos como em São Paulo, Fortaleza, e Salvador, a discussão do processo de desburocratização e otimização do licenciamento urbano já deu os primeiros passos, não raro seguindo em direção à verificação automatizada, por meio de programação em softwares BIM (SECOM, 2020; AGÊNCIA DE NOTÍCIAS, 2020; PORTAL DE SERVIÇOS, [S.I.]; AGÊNCIA BRASÍLIA, 2019). Porém, uma primeira dificuldade que se pode considerar é a própria adoção do BIM por parte de projetistas e do poder público (CASTRO; CÂNDIDO; BATISTA, 2021). Em adição, a checagem automática só é possível por meio da tradução das leis municipais, que variam de acordo com o município, em regras de checagem através de linguagem de programação.

Tem-se, portanto, elementos que constituem a fronteira na melhoria da qualidade da avaliação de projetos para alvará de construção e que são explorados nesta pesquisa: a adoção de ferramentas de checagem automática de projetos em BIM.

1.2 Problema e questão de pesquisa

Considerando o exposto, o problema da pesquisa trata da demora e falta de precisão no processo de avaliação dos projetos submetidos à prefeitura de Crateús, CE. Em adição, o problema também engloba a baixa qualidade dos projetos de construção civil, que contribui para o alongamento do tempo de avaliação, uma vez que os projetos são desenvolvidos e submetidos com grande quantidade de falhas ou falta de informações essenciais.

A verificação automática pode ser uma solução para ambos os problemas, uma vez que a avaliação de grande quantidade de critérios pode ser feita de maneira rápida, economizando tempo no processo de avaliação e revisão. Mesmo considerando que nem todo o corpo normativo possa ser convertido em regras para verificação automática, é esperado que o tempo de verificação seja bem mais enxuto, permitindo que os profissionais responsáveis possam se dedicar melhor a verificações mais críticas.

Assim, a questão de pesquisa é: como a linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM pode ser aplicada para Código de Obras e Posturas de Crateús, CE?

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem como objetivo analisar a aplicabilidade da Linguagem de Programação Visual para checagem automática de projetos em BIM conforme o Código de Obras e Posturas de Crateús, CE.

1.3.2 Objetivos específicos

Especificamente, pretende-se:

- a) Analisar o processo de aplicação do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE
- b) Verificar que critérios de aprovação de projetos residenciais do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE podem ser checados automaticamente através de modelos BIM.
- c) Desenvolver um artefato para checagem automática de regras para o Código de Obras e Posturas de Crateús, CE
- d) Verificar a aplicabilidade de um artefato para checagem automática de regras do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE;

1.4 Justificativa

No ano de 2021, em reunião promovida pelo Programa Cluster Econômicos de Inovação, diversos atores da construção levantaram uma série de problemas que representam barreiras para o crescimento do setor na região do Sertão de Crateús. Conforme o edital 01/2021 da SEDET/SECITEDE (CEARÁ, 2021), destacam-se: (1) Projetos de engenharia com falhas, imprecisões e conflitos; (2) Baixo nível de digitalização nos processos da cadeia da construção civil; burocracia para licenças das obras.

Tais problemas enfrentados pelos profissionais locais se relacionam entre si, se fazendo necessário uma solução que proponha uma melhoria transversal. Isto é, faz-se

necessário encontrar soluções que envolvam o máximo de atores na cadeia construtiva, e que essas soluções sejam efetivamente adotadas pelos envolvidos.

Uma solução a ser adotada e que impacta os problemas citados é a adoção do BIM, que apesar de crescente nos últimos anos, é bastante limitada na região, tanto na esfera pública quanto na privada (CASTRO; CÂNDIDO; BATISTA, 2021). Assim, percebe-se que é necessário um incentivo para que os profissionais da área tenham maior adesão, o que pode ser feito por meio da divulgação de maneira mais clara dos benefícios da adoção do BIM, além de mostrar como isso pode ser usado com procedimentos viáveis.

A utilização de sistemas de checagem automáticos tem um potencial de melhoria tanto nos processos de desenvolvimento de projetos como de avaliação de projetos para licenças legais, ao possibilitar maior transparência e otimização de tais processos. Dentre as facilidades esperadas com o aumento da utilização do BIM e o uso de checagem automática estão: armazenamento e acesso de dados construtivos do projeto; facilidade de busca e acesso a projetos passados; ter dados para gerir o desempenho, comparar medidas; sintetizar pontos críticos para atualização e revisão de legislação.

Desta forma, o presente trabalho se justifica pela demanda por melhoria da aprovação e projetos, manifestada pela comunidade da construção local e retratada à SEDET/SECITEDE no Programa Clusters Econômicos de Inovação, bem como a ainda incipiente utilização do BIM na região do Sertão de Crateús. Quanto à originalidade, ressalta-se a inexistência de estudos sobre verificação automática de projetos na região. Como isto depende das leis locais, ao realizar o estudo em uma nova região, contribui-se com a literatura.

1.5 Delimitação

O presente trabalho delimita-se à utilização de Linguagem de Programação Visual (LPV) para desenvolver um sistema de verificação automática de regras do COP da cidade de Crateús, Ceará. A classificação dos critérios terá por base a Classificação de Regras para Desenvolvimento de Checagem Automática em BIM, proposta por Solihin e Eastman (2015). O ambiente de utilização da LPV será o Dynamo, ferramenta associada ao *software* de modelagem Revit. Por conta da extensão do COP, que abrange várias tipologias construtivas, o trabalho terá foco nas edificações residenciais.

1.6 Roteiro/Estrutura do trabalho

O presente trabalho está dividido em 5 seções, a saber: Introdução, Referencial Teórico, Método de Pesquisa, Resultados e Discussões e Conclusão.

A seção 1 é a Introdução, que por sua vez está subdividida em Contexto, Problema e questão de pesquisa, Objetivos geral e específicos, Justificativa, Delimitação, e por fim Estrutura do trabalho.

A segunda seção é o Referencial Teórico, o qual sintetiza a base conceitual do trabalho, abordando sobre a Modelagem da Informação na Construção na primeira subseção, e Verificação automática e Linguagem de Programação Visual na subseção seguinte.

A Seção 3 é o Método de Pesquisa, o qual aborda em sua primeira subseção o enquadramento metodológico do presente trabalho. Na subseção seguinte foi feito o delineamento da pesquisa, com a descrição dos passos seguidos.

A seção seguinte é a seção 4, Resultados e discussões, em que apresenta os resultados da pesquisa, que envolveu a realização de entrevistas, a análise do COP e o desenvolvimento e avaliação do artefato de verificação através de LPV.

Na quinta e última seção são discutidas as conclusões do trabalho, bem como apontados caminhos e sugestões para pesquisas futuras.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Nesta seção apresentam-se os principais conceitos que subsidiaram o trabalho, especificamente sobre BIM e a verificação automática de projetos.

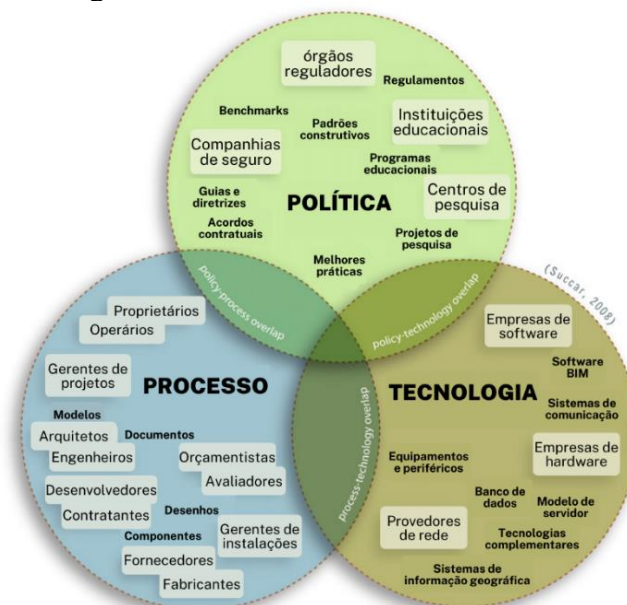
2.1 Modelagem da Informação na Construção (BIM)

A Modelagem da Informação da Construção (*Building information Modelling* – BIM) pode ser conceituada como a interação de um conjunto de processos, políticas e tecnologias, permitindo o gerenciamento de um modelo virtual de informações de uma construção (SUCCAR, 2009). Tal modelo contém a geometria e os dados relevantes a diferentes propósitos e fases do ciclo de vida que se desejar (SUCCAR, 2009).

Para Succar (2009), as Tecnologias englobam o desenvolvimento e aplicação de equipamentos e sistemas, que podem ser utilizados direta ou indiretamente na construção, melhorando a eficiência, produtividade e rentabilidade do setor da construção. Já o campo dos Processos compreende toda a operação do sistema construtivo, desde a concepção até seu uso e gerenciamento (SUCCAR, 2009). Por último, as Políticas dizem respeito a organizações especializadas, responsáveis por desenvolver pesquisas e regulamentações (SUCCAR, 2009).

A Figura 1 resume os campos apresentados.

Figura 1 - Campos BIM, com respectivos atores e entregas



Fonte: Succar (2009)

Succar (2009) ainda divide o processo de implementação BIM em 3 estágios de maturidade, conforme a Figura 2.

Figura 2 - Estágios BIM



Fonte: Adaptado de Succar (2009)

Segundo Succar (2009), o primeiro estágio, Modelagem, é definido como o ponto inicial de implementação BIM, onde modelos de disciplinas de projeto são criadas de maneira individual, e a colaboração entre diferentes disciplinas é feita de maneira similar ao processo tradicional de projeto. O estágio 2, Colaboração, é caracterizado pelo melhoramento do processo de colaboração entre diferentes disciplinas, com a troca de informações em um mesmo modelo, abrangendo no máximo duas fases do ciclo de vida da edificação, em que pelo menos uma dessas disciplinas precisa ser um modelo virtual 3D (SUCCAR, 2009). O terceiro estágio, Integração, permite a criação de modelos integrando diversas disciplinas e fases, permitindo uma grande quantidade de análises e sendo bem mais complexo no seu fluxo de trabalho (SUCCAR, 2009). Por fim, a Entrega de Projetos Integrado representa as possibilidades futuras do uso BIM, representando o seu uso de benefícios ao máximo (SUCCAR, 2009). A adoção BIM depende da conscientização individual, para estágios iniciais, mas também depende que todo o ecossistema da região também esteja alinhado com a metodologia, para tornar possível a adoção de estágios mais avançados.

A transição do desenvolvimento de projeto para a metodologia BIM representa uma ruptura com o processo tradicional. Isto porque não se resume aos aspectos tecnológicos, como adoção de softwares, mas um processo de mudanças bem estruturado que transpassa um projeto isolado, interferindo em diversos aspectos de um empreendimento ou empresa (EASTMAN *et al*, 2014). Isso porque o uso dos modelos construtivos faz com que o foco passe a ser dos dados associados ao projeto, seus usos e seus componentes, incentivando a “integração do conhecimento de construção mais cedo no processo de projeto” (EASTMAN *et al*, 2014).

Eastman *et al* (2014) defende a visão de que com a correta implantação, o BIM pode proporcionar maior qualidade no projeto e construção, a depender de qual estágio de

trabalho colaborativo da equipe. Quanto mais cedo a sua implementação no projeto, melhores seus resultados positivos.

O Quadro 1 elenca diversos benefícios listados por Eastman *et al* (2014) para o setor da construção civil.

Quadro 1- Benefícios do BIM nas diversas fases do ciclo de vida da construção

Benefício	Fase
Conceito, viabilidade e benefícios no projeto	Pré-construção
Aumento da qualidade e do desempenho da construção	
Visualização antecipada e mais precisa de um projeto	Projeto
Correções automáticas de baixo nível quando mudanças são feitas no projeto	
Geração desenhos 2D precisos e consistentes em qualquer etapa do projeto	
Colaboração antecipada entre múltiplas disciplinas de projeto	
Verificação facilitada das intenções de projeto	
Extração de estimativas de custo durante a etapa de projeto	
Incrementação da eficiência energética e a sustentabilidade	
Sincronização de projeto e planejamento da construção	Construção e fabricação
Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências)	
Reação rápida a problemas de projeto ou do canteiro	
Uso do modelo de projeto como base para componentes fabricados	
Melhor implementação e técnicas de construção enxuta	
Sincronização da aquisição de materiais com o projeto e a construção	Pós-construção
Melhor gerenciamento e operação das edificações	
Integração com sistemas de operação e gerenciamento de facilidades	

Fonte: Eastman *et al* (2014).

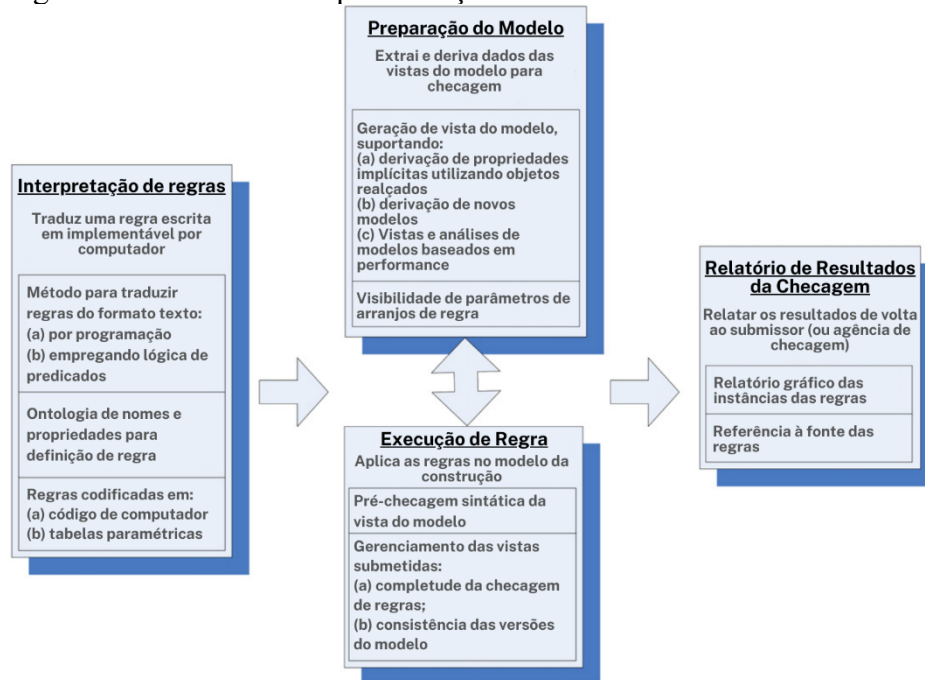
Pode-se destaca a visualização antecipada e precisa de um projeto e a verificação facilitada das intenções de projeto, benefícios que conversam diretamente com a temática do presente trabalho. Uma vez que a responsabilidade da autoria do modelo BIM incide no responsável técnico, a checagem manual torna-se cada vez mais obsoleta, em aspectos práticos, de segurança e de qualidade, abrindo espaço para verificação automática de projetos, cujos conceitos são detalhados a seguir.

2.2 Verificação Automática e Linguagem de Programação Visual

A checagem de regras automática pode ser conceituada como o uso de softwares que acessam as configurações e informações de um projeto sem modificá-lo (EASTMAN *et al*, 2009). É esperado que ao longo do tempo sejam implementadas checagens de regras automatizadas associadas à checagem manual (EASTMAN *et al*, 2009), e à medida que regras mais simples são automatizadas, a atenção técnica se concentre em regras mais complexas, de difícil automatização. Isso implica que durante esse período, a checagem automática de regras tem um papel de suporte, mas uma vez que um sistema atinja sua automatização completa, profissionais terão maior liberdade para focar em melhorar o desempenho das construções.

Para Eastman *et al* (2009), é esperado que a checagem automática seja aplicada em diversas situações a depender do tipo de edificação. Dentre as aplicações, temos aquelas que podem ser úteis a todas as edificações, como a submissão à códigos construtivos ou normas nacionais por exemplo (EASTMAN *et al*, 2009). Para isso, é preciso passar por um processo de 4 fases, como apresentado na Figura 3.

Figura 3 - Processo de Implementação



Fonte: Eastman *et al* (2009)

Para a Interpretação de regras, é preciso ter em mente que elas são escritas, inicialmente, de pessoas para pessoas, através de textos, tabelas ou equações, por exemplo. O desafio é transcrever esses textos em uma linguagem de programação que permita não só a sua implementação, mas também sua validação. Isto se faz fundamental por se tratar de leis e códigos construtivos que têm valor legal.

A fase de Preparação do modelo é onde as informações requeridas para a checagem são preparadas. Com essa fase certifica-se que o projetista incluiu as informações necessárias, e que o computador é capaz de extrair os dados, ou derivar dados ocultos a partir do modelo (KATER; RUSCHEL, 2020). Durante a Execução da Checagem cada instância é verificada, assim cada uma delas deve constar em um relatório final de checagem.

Segundo Solihin e Eastman (2015), um sistema de checagem de regras deve lidar com duas grandes questões: o modelo virtual da construção e a definição das regras. Para o modelo virtual, deve-se ter em mente que ele é uma grande base de dados da edificação, que vai se tornando mais complexa à medida que o Nível de Desenvolvimento (LOD – *Level of Development*) aumenta. Solihin e Eastman (2015) sugerem que o LOD mínimo para um modelo seja 300 para que seja utilizado em um sistema de checagem de regras.

Outro fator importante a ser observado é a modelagem paramétrica, que permite a incorporação de propriedades e características à objetos presentes no modelo. Isso permite a checagem através de regras e a geração de relatórios, além de permitir manipulações mais

simples de objetos complexos (EASTMAN *et al.*, 2014; ANDRADE; RUSCHEL, 2009). Algumas características dos objetos paramétricos são (EASTMAN *et al.*, 2014):

- a) consistem em definições geométricas e dados e regras associadas;
- b) as regras paramétricas para os objetos modificam automaticamente as geometrias associadas quando inseridas em um modelo de construção ou quando modificações são feitas em objetos associados;
- c) os objetos podem ser definidos e gerenciados em diferentes níveis de agregação, em qualquer número de níveis hierárquicos;
- d) os objetos têm habilidade de vincular-se ou receber, divulgar ou exportar conjuntos de atributos para outras aplicações e modelos.

Se tratando da definição das regras, para Solihin e Eastman (2015) a etapa de interpretação é de grande relevância do processo de desenvolvimento de um sistema de checagem. Assim, o primeiro passo consiste em fazer uma boa conversão de regras, e o passo seguinte é criar condições e restrições consistentes para cada regra.

Em geral, o processo de interpretação é simplificado, devido aos desafios práticos da conversão de regras mais complexas ou ambíguas, o que faz com que as regras mais simples sejam implementadas de início, a fim de provar que a implementação é possível. Isso pode dar a impressão de que a complexidade da implementação é menor do que realmente é na realidade. Porém, dificilmente um sistema de verificação será simples, mesmo que as condições verificadas sejam simples (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Para melhor organizar esse processo, Solihin e Eastman (2015) propõem uma classificação de regras para desenvolvimento de checagem automática em BIM, composta por quatro classes incrementais, isto é, seu nível de complexidade aumenta à medida que a classificação aumenta. São elas:

- Classe 1: Regras que requerem um único ou pequeno número de dados explícitos. São regras que acessam informações diretamente na base de dados do modelo BIM.
- Classe 2: Regras que exigem valores de atributos derivados simples. São regras que precisam manipular, através de fórmulas ou índices, por exemplo, as informações retiradas direto do modelo, sem a necessidade da criação de novas estruturas de dados.

- Classe 3: Regras que exigem estrutura de dados estendida. Para solucionar esse tipo de checagem, geralmente pode se recorrer à elementos espaciais, como novas geometrias.
- Classe 4: Regras que exigem uma "prova de solução". Regras ditas iterativas, já que a saída da regra resultará em modificações no próprio modelo, que assim será novamente verificado e modificado até atender os critérios determinados. Essa regra não entra no nosso escopo do trabalho

Uma solução para a implementação da checagem de regras, dentre outras funcionalidades proporcionadas pelo BIM, é o uso de Linguagem de Programação Visual (LPV), ou *Visual Programming Language* (VPL), tendo ascendido em relevância nos últimos anos no Brasil por sua aplicação em diversos trabalhos (MEDEIROS, 2017; BRIGITTE E RUSCHEL, 2019; BARBOSA, 2019; CARVALHO, 2021). Dessa forma, a tradução computacional se dá através da manipulação gráfica dos elementos do programa, ao invés de textual. Uma vez que o uso de programação não é usual para muitos profissionais, a programação visual se torna um facilitador para a aderência dos mesmos (MARTINS; RANGEL; ABRANTES, 2016).

Diversas ferramentas associadas à softwares BIM utilizam a LPV, como o Dynamo, utilizado para o Autodesk Revit. No ambiente de trabalho do Dynamo é possível extrair, manipular ou criar dados e elementos a partir de interações de nós pré-programados. Também é possível utilizar os chamados “nós de código”, que suportam a inserção de programação textual (PRIMER, 2021).

3 MÉTODO DE PESQUISA

Esta seção apresenta o método de pesquisa utilizado no presente trabalho. Inicialmente apresenta-se o enquadramento metodológico da pesquisa, que seguiu uma *Design Science Research* como estratégia de pesquisa, e em seguida o delineamento de pesquisa.

3.1 Enquadramento metodológico da pesquisa

Desenvolveu-se uma pesquisa qualitativa em que se seguiu a estratégia metodológica da *Design Science Research* (DSR) com objetivo prescritivo, utilizando entrevistas como método de coleta de dados, as quais foram submetidas à análise de conteúdo. A pesquisa qualitativa é aquela que busca entender “como (processo) [...] as coisas acontecem” (COOPER; SCHINDLER, 2016, p. 145) para desenvolver proposições teóricas acerca dele (CRESWELL, 2007).

Com relação ao objetivo, a pesquisa é prescritiva, ou seja, procura não apenas identificar um problema, mas também propor uma solução, direta ou indireta (BONAT, 2009). Neste caso, parte-se da compreensão do processo de avaliação de projetos na prefeitura de Crateús para propor um artefato tecnológico que melhore o processo, o que se alinha com a estratégia da DSR.

Já a DSR foi escolhida por ser uma estratégia de pesquisa voltada para o desenvolvimento e avaliação de artefatos úteis e viáveis para a solução de problemas práticos e teóricos (LUKKA, 2003; DE SORDI; MEIRELES; SANCHES, 2010). Segundo Hevner *et al.* (2004), o desenvolvimento de uma DSR deve seguir sete diretrizes:

- *Design* como um artefato: a DSR deve produzir um artefato viável na forma de um construto, um modelo, um método ou uma instanciação.
- Relevância do problema: o objetivo da DSR é desenvolver soluções de base tecnológica para problemas organizacionais importantes e relevantes.
- Avaliação de projeto: a utilidade, a qualidade e a eficácia de um artefato devem ser rigorosamente demonstradas através de métodos de avaliação bem executados.
- Contribuições de pesquisa: uma DSR efetiva deve fornecer contribuições claras e verificáveis nas áreas do projeto de artefato, fundamentos de projeto e / ou metodologias de projeto.

- Rigor da pesquisa: a DSR depende da aplicação de métodos rigorosos tanto na construção quanto na avaliação do artefato.
- *Design* como um processo de pesquisa: a busca por um artefato efetivo requer a utilização dos meios disponíveis para atingir os fins desejados enquanto satisfaz as leis do ambiente do problema.
- Comunicação da pesquisa: a DSR deve ser apresentada de forma eficaz para públicos orientados tanto para a tecnologia quanto para a gestão.

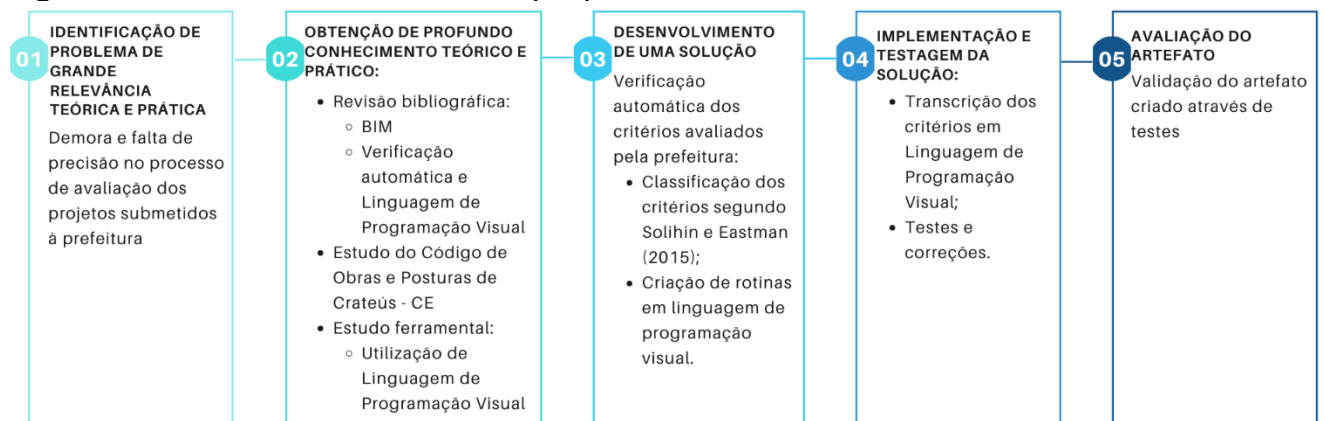
Buscou-se alcançar as diretrizes de Hevner et al. (2004), por meio dos cinco passos propostos por Vasconcelos, Cândido e Heineck (2015): (1) identificar um problema de grande relevância teórica e prática; (2) obter um profundo conhecimento teórico e prático; (3) desenvolver uma solução; (4) implementar e testar a solução; (5) avaliar a usabilidade da solução.

A coleta de dados se deu através de entrevistas semiestruturadas, pois não se buscou impor a visão de mundo do pesquisador, mas compreender o fenômeno a partir da perspectiva dos entrevistados (RICHARDSON, 2011). A análise dos dados se deu por análise de conteúdo (BARDIN, 2011)

3.2 Delineamento da pesquisa

A pesquisa se estrutura com base na sugestão de Vasconcelos, Cândido e Heineck (2015), como apresentado no esquema a seguir (FIGURA 4), cujo detalhamento é apresentado em seguida.

Figura 4 - Estrutura de Delineamento da pesquisa



Fonte: da autora (2022).

3.2.1 *Identificação de um problema de grande relevância teórica e prática*

O problema escolhido foi a demora e falta de precisão no processo de avaliação dos projetos submetidos à prefeitura. A relevância prática do problema foi apresentada na seção 1.4 e surgiu da demanda de profissionais locais por soluções para problemas de grande impacto no setor de construção civil na região, em levantamento de problemas promovido pelo Programa Clusters Econômicos de Inovação (CEARÁ, 2021). Dentre os problemas levantados estão o baixo nível de digitalização dos processos, a incidência de projetos com falhas, e a burocracia envolvendo o processo de aprovação de projetos. Do ponto de vista teórico, não se identificou estudos sobre verificação de projetos em BIM na região de estudo.

3.2.2 *Obtenção de profundo conhecimento teórico e prático*

O conhecimento sobre o assunto abordado foi obtido a partir de revisão bibliográfica e de entrevista com profissionais atuantes na região. Inicialmente foi realizado um levantamento de literatura sobre BIM e verificação automática de projetos, compreendendo dissertações, trabalhos de conclusão de curso, livros, artigos, entre outros. Para definir as principais leituras, foi realizado um levantamento sistemático da literatura através do Periódico CAPES, usando como base o *Web os Science*. Definindo como palavras-chave BIM, Verificação automática, Linguagem de Programação Visual, e suas respectivas variações, e com ajuda do *software* VOSviewer, foi possível fazer uma análise bibliográfica dos principais artigos relativos ao tema estudado.

Para a obtenção do conhecimento prático foram realizadas quatro entrevistas semiestruturadas com atores, tanto do poder público quanto privado, cuja caracterização dos sujeitos da pesquisa é apresentada no Quadro 2.

Quadro 2 - Caracterização dos respondentes

	Respondente A	Respondente B	Respondente C	Respondente D
Função	Engenheira Avaliadora	Projetista	Projetista	Projetista
Tempo de atuação	8 anos	7 anos	6 anos	2 anos

(continua)

Quadro 2 - Caracterização dos respondentes

(conclusão)

	Respondente A	Respondente B	Respondente C	Respondente D
Formação e Titulação máxima	Engenharia Civil com pós-graduação em estrutura de concreto e avaliações e perícias de imóveis	Técnico em Edificações e Arquiteto e Urbanista. Pós graduado em engenharia de segurança do trabalho.	Arquitetura e urbanismo com especialização em arquitetura de interiores e produção do espaço	Engenharia civil, pós em engenharia e segurança do trabalho
Registro em Conselho	CREA	CFT	CAU	CREA
Praça de atuação	Crateús	Quixadá, Quixeramobim Solonópole, Banabuiú, Sertão Central (seis ou sete cidades), Crateús, Novo Oriente, Independência, Iaporanga, Tauá	Fortaleza e região metropolitana, e Crateús	Crateús
Nicho de mercado	-	Obras comerciais e Residenciais Classe A, B e C	Obras residenciais Classe A e B	Obras comerciais e Residenciais Classe B
Porte de obras	-	Pequeno	Pequeno	Micro

Legenda: CREA: Conselho Regional de Engenharia e Agronomia; CFT: Conselho Federal dos Técnicos industriais; CAU: Conselho de Arquitetura e Urbanismo.

Fonte: da autora

A primeira entrevista foi realizada com a analista de projetos da prefeitura, por vídeo conferência em 25 de outubro de 2021, com duração de aproximadamente 1:45h. A entrevista foi fundamental para compreender a problemática em profundidade, do ponto de vista do poder público. O roteiro da entrevista encontra-se no Apêndice A e sua caracterização é detalhada a seguir.

A primeira parte da entrevista foi uma iteração formal, com a apresentação dos objetivos da pesquisa e a coleta das informações de caracterização da respondente. A segunda parte consistiu na coleta de informações de caracterização geral do setor público responsável pelo processo de emissão de alvará. As etapas seguintes foram a caracterização do processo de aprovação e da verificação de projetos, respectivamente. Nestas últimas etapas foi possível

entender melhor o funcionamento e os procedimentos envolvidos na verificação de projetos submetidos e na emissão de alvará, bem como os agentes envolvidos.

De modo complementar, 3 projetistas atuantes na cidade foram entrevistados para compreender a problemática por um outro ponto de vista. As entrevistas aconteceram entre os dias 06 e 15 de janeiro de 2021, com duração média de 1:30h. O roteiro utilizado encontra-se no Apêndice B. A primeira parte da entrevista ocorreu similar ao roteiro anterior. A segunda parte da entrevista consistiu na continuação da caracterização dos respondentes, mas nesse caso profissional. A última parte da entrevista, mais relevante para o trabalho, tratou do processo de preparação dos profissionais para o processo de submissão de projetos na prefeitura, bem como suas percepções sobre a legislação e o processo em si.

É válido salientar que as entrevistas foram aplicadas a fim de abranger três estudos, sendo um deles o presente trabalho, e por esta razão a totalidade dos assuntos abordados nas entrevistas não são apresentados. Os trabalhos realizados em conjunto são intitulados “Checagem automática de projetos em BIM utilizando programação visual: um estudo da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús-CE”, de autoria de Rafaelly Beserra Alves, e “Desenvolvimento de Template BIM para aprovação automatizada de projetos: um estudo na cidade de Crateús, CE”, de autoria de José David da Silva.

3.2.3 Desenvolvimento de solução

A solução consistiu no desenvolvimento de rotinas para verificação automática dos critérios avaliados pela prefeitura para aprovação de projetos em Crateús. Utilizou-se de Linguagem de Programação Visual, implementada através do Dynamo, ferramenta associada ao *software* de modelagem de projetos Revit.

Para a implementação da solução foi necessária uma leitura minuciosa do texto base, no caso, o Código de Obras e Postura de Crateús (COP-Crateús), para converter o texto legal em regras de verificação automática. Para fins de padronização, no presente trabalho são utilizados os seguintes termos: critério – condição a ser satisfeita (fórmula ou pergunta). Condições que devem ser atendidas em conjunto também estão sendo consideradas como um único critério; parâmetro - variáveis relativas às condições.

Com a leitura do COP, foi possível identificar os critérios de projeto, os quais foram analisados quanto a sua objetividade e viabilidade de traduzir para linguagem de programação. Em seguida organizados em classes de regras de verificação BIM, baseados na complexidade dos processos que essas regras teriam que passar e transcritos para linguagem de programação.

3.2.4 Implementação e testagem de solução

Para a etapa de implementação e teste tomou-se um projeto da região. O projeto foi cedido por um dos projetistas entrevistados, consistindo em um projeto residencial de regularização de imóvel, submetido e aprovado pela prefeitura. Modelou-se o projeto no *software* Revit que possui interface com o Dynamo, utilizado para a implementação das regras em Linguagem de Programação Visual (LPV). Para alguns elementos verificados, foi necessária a criação de novos parâmetros dentro do modelo, para que as informações requeridas pudessem ser acessadas. Os detalhes de implementação de regras são apresentados nos resultados e discussões.

3.2.5 Avaliação do artefato

A avaliação do artefato se deu pelo seu teste funcional, em que se analisou sua adequação na aplicação realizada, conforme mencionado em 3.2.4 e detalhado nos resultados e discussões.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Nesta seção apresentam-se os resultados e discussões da pesquisa que foram subdivididos em quatro subseções. Inicialmente apresenta-se uma análise do processo de aplicação do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE, a partir do estudo da lei e das entrevistas realizadas. Em seguida, apresenta-se a verificação dos critérios de aprovação de projetos residenciais do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE que podem ser checados automaticamente através de modelos BIM. Na terceira subseção apresenta-se o desenvolvimento do artefato e, por fim, a verificação da sua aplicabilidade.

4.1 Análise da aplicação do Código de Obras e Posturas de Crateús

Todas as construções, reformas ou ampliações executadas na cidade de Crateús são regulamentadas pelo COP, também referenciado como a Lei Municipal 450/01 de 28 de junho de 2001. Seguindo suas diretrizes, bem como as de outros instrumentos legais municipais (Lei de Uso e Ocupação do Solo, Código Ambiental, etc), o projeto pode ser aprovado pela avaliação da prefeitura, que assim expedirá um Alvará de Construção, documento que licencia a execução de obra no município, atestando que um projeto está de acordo com as normas e leis vigentes.

Para entender melhor o processo de emissão de Alvará e verificação de projetos, além das dificuldades e oportunidades da legislação municipal, foram realizadas entrevistas com agente da prefeitura e projetistas locais.

O primeiro passo foi entender o processo de emissão de alvará de Construção na cidade, seus agentes e as documentações necessárias, conforme apresentado na Figura 5.

Figura 5 - Fluxograma emissão de Alvará de Construção



Fonte: da autora

O processo de emissão de Alvará de Construção na cidade se dá principalmente através do Setor de Arrecadação, como pode ser observado no fluxograma, construído com base em entrevista com agente da prefeitura (Respondente A). Uma primeira análise é realizada, para conferir se todos os documentos mínimos exigidos foram entregues e em seguida é feita uma análise mais técnica, conferindo se o projeto apresentado está de acordo com o COP, a LUOS, e outras normas e leis cabíveis, a depender do tipo de projeto. Em casos de construções novas, após a análise o projeto é encaminhado para o cadastro, a fim de gerar uma inscrição de imóvel. Em seguida, serão emitidos os boletos de taxas e impostos referentes ao serviço, e depois do pagamento dos mesmos o Alvará será emitido, assinado e validado.

O Quadro 3 apresenta a lista de documentos exigidos pela prefeitura.

Quadro 3 - Lista de documentos entregues à prefeitura

Item	Descrição
1	Cópia do RG
2	Cópia do CPF
3	Cópia do comprovante de endereço (atualizado)
4	Certidão de matrícula (atualizada - validade de 30 dias) ou Escritura particular de Compra e venda - Reconhecer firma de assinaturas
5	Cópia do CNPJ (Pessoa Jurídica)
6	Cópia do Contrato Social (Pessoa Jurídica)
7	Projetos - com suas respectivas ART ou RRT
7.1	Planta Baixa de todos os pavimentos
7.2	Planta de cobertura
7.3	Cortes (Longitudinal e Transversal)
7.4	Planta de situação/locação
7.5	Projeto Sanitário
7.6	Fachada
OBS 1	Deve ser contemplada nos projetos qualquer: Demolição, reforma ou ampliação
OBS 2	Deve ser levada uma via de cada documentação para solicitar licença junto ao Meio Ambiente

Fonte: da autora.

Esse processo pode demorar cerca de 10 dias, mas em geral é feito em menos tempo, o que pode ser confirmado tanto pelos membros da prefeitura quanto por projetistas entrevistados, como pode ser visto no Quadro 4.

Quadro 4 - Comentários sobre o tempo de retorno da avaliação

Respondente A	Para você ter uma ideia eram 10 dias que o setor disponibilizava esse alvará, a gente consegue bater aí, em média, de uns três dias que o alvará já está na mão do requerente.
Respondente B	Depende da demanda sabe, mas em média para te falar a verdade, em uma semana eles aprovam. Eu dou entrada na segunda, na sexta eles ligam “o alvará do fulano tá já foi liberado, já pode vir pegar ou pagar à vista eu fazer o parcelamento”. Seis, sete dias no máximo.
Respondente C	Duas semanas, no máximo. É rápido, a prefeitura trabalha rápido
Respondente D	É muito rápido, tipo assim, relativamente rápido, em uma semana você entrega e eles dizem se existe alguma coisa que você tem que alterar ou se foi realmente aprovado, entendeu?

Fonte: da autora.

Essa é uma informação que vai de encontro à suposição inicial de demora e burocratização do processo de emissão de alvará, uma das justificativas que sustentam a idealização do trabalho. Porém, essa rapidez pode ter diversas causas, sendo uma delas, por exemplo, a promoção de iniciativas para aumentar a agilidade no processo de verificação e acompanhamento de projetos pela prefeitura, como investimentos em computadores, recepção de projetos e documentos em formato digital, via whatsapp, e-mail ou pelo próprio site da prefeitura, como informado pela respondente A:

[...] a gente pôde implantar é questão de a gente receber os projetos em PDF, junto com as suas documentações, tanto via WhatsApp, por e-mail do setor ou pelo próprio site da Prefeitura, em que lá você pode acompanhar com o número do protocolo a situação da qual está o andamento do seu processo, em que há 4 meses não se tinha essa possibilidade.

Especificamente com relação ao uso de softwares, a entrevistada relatou:

Não, nada de software, o que é de *software* já ocorreu, que é o nosso sistema em si do protocolo, que é o que engloba a secretaria de arrecadação como um todo. [...] O sistema era de 2017, aí ganhou uma nova licitação, um novo recurso para garantir mais aperfeiçoamento, é mais para organizar o processo, nada tem a ver como Autocad, Revit, que agiliza a fazer a avaliação.

É possível perceber que há um esforço para desburocratizar os processos, eliminando a obrigatoriedade de entrega de projetos físicos, por exemplo. Esse processo está em fase experimental, mas está tendo uma boa receptividade, segundo os entrevistados. Ele foi implementado principalmente por conta da pandemia de COVID-19, mas mostra sinais que irá permanecer como procedimento padrão.

Apesar disso, ainda existe a dificuldade de falta infraestrutura, desde salas com equipamento adequado ao trabalho à aquisição de *softwares* que agilizam o processo, em qualquer de suas etapas. Mesmo com a adoção de processos digitais, a avaliação de projetos em si ainda é feita de maneira manual. Os agentes responsáveis não dispõem de licença de *softwares* que poderiam auxiliar nesse trabalho, incluindo os utilizados para desenho e modelagem de projetos. Considerando a crescente adoção de processos digitais, simplificando a entrega dos documentos necessários, é natural pensar que o processo de verificação de projetos siga também este caminho.

Nesse sentido, sobre a verificação dos projetos a entrevistada observou que “Para residência não tem não o check-list, porque a gente só olha mesmo quatro coisas para residência: recuo frontal e lateral, descida da água, observar a calha e a parte do esgoto, o cálculo de esgoto.” Ainda, mencionou que há “[...] 2 itens [críticos]: janela e recuo.” Apesar disso existem check-lists para conferência de itens, mas apenas para obras mais complexas.

Por fim, a entrevistada detalhou a verificação de projetos em geral:

Começa o trabalho da aprovação do projeto, que consiste na análise da planta baixa, dos cortes longitudinal e transversal, a identificação da fachada, a cobertura, que a gente analisa as descidas d'águas para saber se elas caem ou não nos vizinhos. A observação principal nas residências é a questão das janelas e do recuo, se a pessoa não construir no recuo exigido mínimo na prefeitura e ela vai colocar uma janela alta, ela vai estar cometendo invasão de privacidade, o que já entra no Direito Civil, seu direito começa onde o outro termina. Aí verificamos se está tudo dentro do Código de Obras e Posturas e do Código de Uso e Ocupação do Solo. Tem a certidão do meio ambiente para saber se é uma área com APP ou não, porque como é que a gente vai liberar uma construção de uma área de app, para isso tem que vir do meio ambiente essa informação que a pessoa vai poder usar aquele terreno para construir. E no nosso setor de arrecadação, a gente vai validar se aquele projeto está na segurança, de acordo com a norma, o Código de Obras e Postura, Código de Uso e Ocupação do Solo.

Assim, pode-se perceber a utilização de Checklists, contendo os itens de verificação de projetos, para melhor guiar a verificação. Segundo a entrevista com a prefeitura, nos 3 meses anteriores foram avaliados cerca de 150 projetos no setor, dos quais apenas 5 não eram projetos residenciais. Apesar disso, apenas escolas, creches, hospitais, clínicas e postos de saúde possuem uma lista de itens a serem checados. Obras residenciais, que representam mais de 95% das obras licenciadas, são avaliadas de maneira muito simples, apenas com os itens mencionados anteriormente pela entrevistada. Isso pode ser mais um dos fatores, como mencionado anteriormente, para a rapidez no processo de aprovação.

O Quadro 5 apresenta a percepção dos entrevistados sobre a aprovação e correções dos projetos submetidos.

Quadro 5 - Percepção dos entrevistados sobre a aprovação e correções dos projetos submetidos.

Respondente A	São aprovados 80% [dos projetos submetidos] de cara. As pendências são as informações do casamento da escritura com projeto. Esse daí é o auge, é o maior mesmo. [...] Nos outros é falta de uma informação aqui na legenda, outro falta de uma nomenclatura no corte, outro não tem o recuo necessário, o outro é que está faltando o projeto hidráulico, ou projeto estrutural. Enfim, mas maior mesmo que volta é a escritura.
Respondente B	[A volta de projetos] aconteceu três vezes acho que no máximo, nesse tempo todo já três vezes no máximo. [...] É falta de comunicação, a correria, a gente não se comunica bem com cliente. "Cara me manda teus dados para eu fazer a ART e preencher o carinho da planta", eu boto o endereço do cara errado ou o anterior, aí dá problema.[...] É questão mesmo de área, erro no cartório, da área ou contrato particular de compra e venda no nome de outra pessoa, ou nem tem Contrato particular de compra e venda nem tem escritura.
Respondente C	Já aconteceu do projeto voltar porque tá faltando alguma informação, mas eles falam "olha, acrescenta tal coisa". [...] Mas só essas pequenas coisas, sabe, desenho mesmo, parte de desenho técnico. Mas assim, o nível de detalhamento da prefeitura exige não é muito alto, para falar a verdade. Então realmente um projeto básico, bem básico, ele vai ser aprovado se tiver cumprindo o que tá sendo pedido.
Respondente D	A maioria [dos projetos recebe solicitação de revisão] sim, mas são solicitações de detalhes que você deixa passar. Às vezes você colocou detalhes mesmo no desenho, às vezes você colocou em uma escala e ela pede, a engenheira responsável pela análise, ela pede para que você aumente a escala para que ela possa ter uma visualização melhor, coloque em uma folha maior. Às vezes até mesmo já aconteceu de eu ter colocado o nome de uma rua e ter mudado o nome da rua e ela pediu "altera o nome da rua que não é mais esse", ai eu ligo pra lá e pergunto "como é o nome da rua tal?", ai eles dizem, ai a gente muda o nome e envia pra lá, é basicamente isso as revisões.

Fonte: da autora.

Como é possível perceber, há uma grande taxa de aprovação de projetos. Mesmo os que precisam de revisão, tais revisões são simples, e geralmente são relativas a informações de documentação ou desenho técnico. Os aspectos técnicos de construção e projeto são analisados com mais atenção em obras menos corriqueiras, principalmente de tipologia diferente das residenciais. Isso é um forte indício de que o descumprimento da legislação acontece, mas é ignorado, ou nem é verificado.

O COP de Crateús apresenta 401 artigos, além de 10 tabelas e 40 notas ou observações. Apenas da tipologia construtiva de obras residenciais, são 49 artigos, 3 tabelas e 34 notas ou observações. Tais itens dizem respeito tanto a obras unifamiliares quanto a multifamiliares. Sendo assim, vê-se que essa tipologia construtiva é bastante representativa no planejamento urbano, e possui um impacto enorme no dia a dia dos moradores de uma cidade, tanto pelos aspectos individuais quanto coletivos. Porém, a obediência do proposto pelo COP e outros instrumentos legais é um obstáculo observado pelos entrevistados.

O Quadro 6 apresenta as dificuldades quanto ao processo de emissão de alvará relatadas pelos entrevistados.

Quadro 6 - Dificuldades do COP ou do processo de emissão de alvará

(continua)

<p>Respondente A</p>	<p>É uma diretriz do município, o que guia mesmo a gente é a parte das normas técnicas. Esses 20 anos não está atrapalhando de nenhuma forma essa questão, pelo menos nenhum caso que eu recebi até agora, nenhum caso desses 150 [projetos submetidos] aí não provocou, e analisando pela leitura esses 20 anos não ultrapassou, porque [...] eu não me baseio pelo código, eu me baseio pela norma e a norma sofre alterações.</p>
<p>Respondente B</p>	<p>Mas o código de obras e postura ele ainda é obsoleto. Tu pode estar numa zona Residencial, numa zona comercial, eles não olham os recuos, eles vão só pelo código civil, que diz que se tu for abrir janela para o teu vizinho da esquerda ou da direita ou dos fundos você tem que deixar um recuo mínimo de um metro e meio.</p> <p>[As leis] são todas de 2001, então nunca passaram por atualização. Então ficou obsoleto, hoje a gente tem novas demandas, a gente tem uma conjuntura construtiva diferente, a gente tem novos materiais que surgiram de lá para cá, a gente tem leis ambientais também que modificaram muito, então acaba ficando obsoleto. Por exemplo, o código de obras e posturas é de 2001, foi lá mais ou menos com a estatuto das cidades, então de lá para cá, depois da promulgação do estatuto da cidade, surgiu tanta coisa, tanto aditivo, depois veio o Código Civil brasileiro que é de 2002, que já vem com novas leis. Por exemplo de um código de Vizinhança, você não pode mais jogar sua água pluvial em cima do telhado do vizinho. Então é antigo demais, não dá para quantificar o prejuízo que se tem né com essa desatualização, mas que é muito grande, porque você tem um desenvolvimento irracional da cidade.</p> <p>Dificuldade mesmo é que é desalinhado com as nbrs, por exemplo. Tá muito antiga, muito ultrapassado, e as NBRs vão atualizando sempre, e ele vai ficar obsoleto.</p>

Quadro 6 - Dificuldades do COP ou do processo de emissão de alvará

(conclusão)

Respondente C	Eu acho que talvez esteja defasado as normas de Crateús, talvez não, acho que elas estão defasadas, até porque cresceu muito.
	Eu acho que banaliza o processo né. Quando a gente fala de aprovação as pessoas não dão muita importância. É o que eu sinto, dentro da Prefeitura e tal, não dá muita importância, mas por quê? Porque não tem essa Cultura.
Respondente D	Pronto, eu acho que no processo de aprovação não, mas no processo de confecção do projeto, elas [as leis] geram dúvidas, essas são as dificuldades. Elas [estando] desatualizadas geram dúvidas e incertezas quanto ao seu projeto. Tipo essa, meu Deus, eu não vou deixar um recuo de 80 cm, porque não vão aprovar, mas se eu deixar de um metro e meio também a construção vai perder muito, entendeu? A maior dificuldade são essas dúvidas que causam, que a desatualização causa.
	Talvez para época ele fosse adequado, tamanho dos lotes, tal, enquadramento das indicações. Mas eu acredito que para os lotes de hoje em dia e para a forma como eles são, o tamanho, a forma deles e as construções que são passíveis de se fazer neles para uma boa habitação, eu acho que ele está um pouco desatualizado, um pouco não, muito desatualizado. Algumas medidas de ambientes, é totalmente desproporcional ao lotes você tem hoje. [...]Porque o código tem que ser atualizado a cada 10 anos, tipo em 2010, em 2012 não foi atualizado e agora em 2022, que faz 20 anos, senão me engano, também não vai ser atualizado, não vejo nenhuma movimentação para atualização disso. Então, já está mais do que na hora de casar a realidade com o que é pedido no código

Fonte: da autora.

O obstáculo mais evidente é a desatualização do documento. Segundo o Estatuto das Cidades (BRASIL, 2001), recomenda-se que o Plano Diretor e as leis a ele associadas tenham revisões e atualizações a cada 10 anos, pelo menos, para acompanhar o desenvolvimento da cidade e melhor administrá-la. Porém, as Leis vigentes na cidade de Crateús permanecem originais, com mais de 20 anos de vigência.

Nesse interim, diversas normas, leis e resoluções foram criadas ou atualizadas. O COP prevê, em seu texto, que devem ser seguidas as normas e leis vigentes, o que por um lado cobre essa atualização. Em contrapartida, um projeto de engenharia e arquitetura é um documento complexo, que deve obedecer em seu desenvolvimento muitas normas, e é entendido que o documento que rege as construções em uma cidade esteja de acordo com tal.

Além disso, muitos itens apresentados no COP foram redigidos baseados em tais normas, hoje desatualizadas, o que pode confundir o projetista.

O que se liga a outro obstáculo, que é a dificuldade de entendimento do texto em si. Como citado anteriormente, o COP possui 401 artigos, o que o torna um documento muito extenso. Mas apesar de extenso, muitas informações apresentadas não são claras ou não são facilmente encontradas, como mencionado pelo Respondente C “Então você não tem nada escrito sobre algumas informações né. [...] Então, é algo que enfraquece, fica sem regra, fica aquela coisa desorganizada” e corroborado pelo Respondente D “A única dificuldade mesmo [no processo] foram as dúvidas, que a gente tem às vezes e tem que contatar alguém ou algum profissional que já tenha passado por aquela situação ou o próprio pessoal do setor de arrecadação”.

Uma das desvantagens da falta de informações presente no texto é o direcionamento do processo de avaliação para a informalização, o objetivo oposto de uma lei. Enquanto cidade de pequeno porte, a facilidade de contato com os agentes de avaliação é uma vantagem promissora, para tirar dúvidas e guiar projetistas e proprietários. Mas é importante que os órgãos públicos identifiquem essas dúvidas recorrentes e percebam se elas nascem da falta de experiência de um profissional, ou da falta de clareza da legislação que regulamenta uma determinada atividade.

Analisando a lei em causa pode-se observar diversas inconsistências que, como já mencionado pelos entrevistados, interferem diretamente no processo de desenvolvimento e idealização de um projeto, dificultando também para quem realiza a verificação, uma vez que não é deixado claro o que se deve checar. Outro fator que contribui para a grande extensão é a repetição de informações redundantes em diversos pontos do documento.

Por fim, ao serem indagados sobre oportunidades de melhorias ou sugestões para o processo de emissão de alvará, os entrevistados apresentaram respostas dispostas no Quadro 7.

Quadro 7 - Oportunidades de melhoria e sugestões

(continua)

<p>Respondente A</p>	<p>O código eu sinto falta de amarrar um pouco mais no recuo. Recuo ele só fala um pouquinho, por que não permite para certa ocasião, 1,50m que é construção nova. Já para uma construção que vai ser em cima bota janela alta. Não tem isso, é a gente, o nosso próprio entendimento, que janela alta dá certo. [...] E isso daí é da gente, não é que tá no código, se você procurar não tá no código. O código deveria amarrar isso daí. Já numa construção no térreo já fazer uma outra observação, num terreno que é menor botar 60cm, 80cm. Variar entre 60 e 80. Não tem no nosso código de obras, isso quem tem é nós aqui que está sentado nessa cadeira aqui, que é humano, que faz o melhor para conviver e tentar [ajudar a] pessoa a regularizar construção. [...]E aí a norma falha nesse aspecto, ela tem que amarrar mais um pouco, ela tem que entrar mais em detalhes já que ela é uma diretriz.</p> <p>E Crateús tá muito ultrapassada, de não amarrar, não entrar em detalhes. Mas dessa parte do código de obras eu sinto falta nessa partezinha, mas o que eu sinto mais falta é na parte de tributação. Por quê? Porque como é que eu vou liberar Habite-se num terreno, numa casa antiga? Me responde. A Prefeitura não disponibiliza do código de uma lei orgânica, num decreto ou numa lei municipal, que fale a questão do HABITE-se para imóveis antigos. Por que não bota uma Lei de anistia? Dispensa o habite-se. Como é que o pobre coitado do engenheiro da Prefeitura vai ficar responsabilizado com a obra antiga, que o cara tá lá só para regularizar um terreno porque o terreno não está averbado. O alvará eu fico até calada, porque o alvará é o licenciamento a construção. A construção num tá lá?</p> <p>Agora, para o lado da avaliação, de avaliadora de TBI, que a gente avalia o imóvel para geração do Imposto, tem também o IPTU, o cálculo venal do terreno e do imóvel. Hoje em dia a gente disponibiliza de um software. [...] A prefeitura deveria, poderia, ajudaria, se implementasse, comprasse esse software.</p>
<p>Respondente B</p>	<p>O Código de Obra ele nem especifica o projeto sanitário. [...] Se o código de obras fosse interessante ele atualizava sempre que a norma atualizar. Então, por exemplo, o Código de Obra ele pede um projeto de arquitetura conforme a [NBR] 6492 de 90 e não sei quantos, já têm aditivos também. Aí de repente o cara não sabe, aí pega a norma antiga e fica fazendo e volta várias vezes. Nem volta que eles nem olham isso também não. Mas pelo menos a sanitária deveria olhar, já que mexe com coisa ambiental, né esgotamento sanitário, a [NBR] 7229, que é Tanque Séptico e Sumidouro[...]. Então eles nem especificam, você tem que fazer conforme Norma não sei de quanto, ou que a prefeitura pedir. Acho que tinha que ser mais específico né.</p> <p>É isso mesmo já resolveria muita coisa viu, atualizar a legislação, aumentar o corpo técnico de analistas e avaliadores, lógico, seguir as normas também, atualizando toda a legislação, e começar a fazer as licenças [ambientais] aqui mesmo para desburocratizar todo esse caminho</p>
<p>Respondente C</p>	<p>Claro que a prefeitura quer arrecadar, inclusive tenho os meus elogios para fazer, porque eu acho que é um setor agilizado, mas por exemplo, não tem arquiteto na prefeitura sabe. Os próprios engenheiros que eu conheço que trabalham na prefeitura falam "Aqui precisa de um arquiteto, de um urbanista, a pessoa que talvez direcione, que faça essas atualizações".</p>

Quadro 7 - Oportunidades de melhoria e sugestões

(conclusão)

<p>Respondente C</p>	<p>Tem empresas que trabalham fazendo isso, a prefeitura poderia investir nisso e apresentar para a população. "Temos uma nova LUOS. O que é isso aqui, que documento é esse? Temos isso aqui na prefeitura. Qual a importância disso?". [...]Então eu acho que uma coisa vai puxando a outra, uma atualização, mostrar para a população O que é, qual a importância, e aí os profissionais vão entrando, e vai valorizando o profissional.</p> <p>E não existe uma unidade sabe, um lugar onde você manda tudo e tudo se resolve, são vários órgãos, a prefeitura, a parte do tributo, a guara.</p> <p>Com certeza, começando assim, explicar para a população porque que é importante né, porque isso aí vai puxar para o profissional, e ao mesmo tempo que vale para todo mundo, porque a gente sabe que isso não acontece. Que exista uma fiscalização de Fato, mas ainda tem muita política por trás das coisas, então isso é bem complicado.</p>
<p>Respondente D</p>	<p>Eu acho que... não sei, eu acho que melhorar, atualizar o código de obras e posturas, pelo que eu tenho vivido, pela minha vivência, só sanar essas dúvidas, porque quem chega pra à primeira vista, que tem o primeiro contato com o mercado, senti isso, sabe, quem não é contratado de nenhuma empresa, não é assessorado por nenhuma outra pessoa com experiência, aí tem essas pequenas dúvidas, se atualizassem o código de obras e posturas era fenomenal.</p>

Fonte: da autora

É notória a demanda por atualização nas legislações, não só do COP, e melhor clareza em suas informações, visto que isso beneficia tanto o poder público quanto os profissionais e moradores da cidade. É interessante notar que mesmo que o processo de aprovação de um projeto seja simplificado e agilizado, quando ele não o faz em conformidade com a legislação municipal, ou ainda, se está em desuso pelo desacordo com as normas vigentes ou a realidade local, isso impacta diretamente nos profissionais atuantes na região.

4.2 Verificação da viabilidade de automatização dos critérios de avaliação do Código de Obras e Posturas de Crateús

O primeiro passo para a automatização é verificar que critérios podem ser implementados em linguagem de programação. O COP de Crateús possui 49 artigos, 3 tabelas e 34 notas ou observações referentes a obras residenciais, uni ou multifamiliares. Em termos de critérios, já deduzidos aqueles redundantes, foram identificados 58 critérios de avaliação. A análise completa é apresentada no Apêndice C.

A tradução do texto para uma verificação computacional depende muito da clareza da documentação. Assim, os critérios foram divididos entre aqueles passíveis e os não passíveis de automatização, conforme sumarizado na Tabela 1.

Tabela 1 - Resumo levantamento de critérios do COP

	Não passíveis	Passíveis	Total
Quantidade	17	41	58
Porcentagem	29%	71%	100%

Fonte: da autora

Pode-se observar que grande parte dos critérios levantados pode ser automatizada, o que revela que, apesar das inúmeras inconsistências, o COP é um documento com grande potencial de aplicação da automatização.

Os critérios classificados aqui como não passíveis de automatização foram assim classificados pelos seguintes fatores:

- a) Subjetividade: os parâmetros e/ou valores necessários para a verificação do critério não estão explícitos no texto, fazendo com que os mesmos dependam do avaliador;
- b) Falta de clareza: quando os critérios são ambíguos, ou ainda, quando o texto é confuso e não é possível entender o critério;
- c) Referência a outras normas: o texto indica que alguma norma específica deve ser seguida, sem dar maiores detalhes. Assim, tais critérios, para serem automatizados, dependem da automatização de outros documentos, o que caberia a um trabalho a parte.

Os critérios passíveis de automatização foram classificados de acordo com Solihin e Eastman (2015). Ao todo, 10 critérios foram identificados como Classe 1, 24 como Classe 2 e 7 como Classe 3. A Classe 4 não entra no escopo da pesquisa, uma vez que sua implementação gera alterações no próprio modelo analisado, que não é o objetivo da pesquisa. A seguir, para exemplificar o processo de classificação, definição de etapas e transcrição de regras em programação visual, um exemplo de cada classe foi apresentado. A planilha de identificação completa encontra-se no Apêndice D.

O exemplo para a Classe 1 é o critério N1.1, referente à Área Mínima por ambiente, presente nas Tabelas A, B e C do COP de Crateús, conforme destacado na Figura 6.

Figura 6 - Destaque Tabela B: Área mínima por ambiente

RESIDÊNCIAS							
	CÍRCULO INSCRITO (m)	ÁREA MÍNIMA (m ²)	ILUMINAÇÃO MÍNIMA	VENTILAÇÃO MÍNIMA	PÉ DIREITO MÍNIMO (m)	PROFUNDIDADE MÁXIMA	OBS.
VESTÍBULO	0,80	-	-	-	2,30	-	(1), (2)
SALAS ESTAR	2,50	10,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	
SALA REFEIÇÕES	2,00	6,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	

Fonte: Crateús (2001).

Foi possível identificar que os parâmetros utilizados são apenas dois, a área do ambiente e a área mínima, cujos valores variam de acordo com o ambiente proposto. Assim, as informações deste critério foram organizadas em uma tabela de identificação, conforme a Figura 7, onde todas as informações de cada critério são resumidas. Nela, foram preenchidos o nome adotado para o critério, sua descrição, a referência, que indica onde no COP o critério pode ser encontrado, o critério em si, identificado como uma fórmula ou uma pergunta, e os parâmetros relacionados ao critério.

Figura 7 - Tabela de Identificação critério N1.1

Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
1.1	Área mínima	Anexo I - Tabela A, B e C	Área do ambiente \geq Área mínima	Ambientes - Dimensões mínimas	Área mínima; Área ambiente
Descrição	Confere se área de cada ambiente corresponde ao mínimo necessário				
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme/ Não conforme	-
Valor	Modelo	Área do ambiente	Identificação da área do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Área mínima por ambiente	Verificação de conformidade de área		

Fonte: da autora

Após preencher a primeira parte, a tabela foi alimentada com os processos necessários para a automatização do critério. É nesse momento que, identificando tais etapas do processo, com suas respectivas entradas, podemos identificar qual classificação melhor se enquadra. Além das entradas, as fontes e tipos das mesmas são identificados na tabela. Por fim, também são identificados os Resultados, ou seja, a saída da regra. Para o critério N1.1, foram identificadas 3 etapas, cujas entradas podem ser extraídas do próprio modelo verificado ou dos valores estabelecidos pelo COP. Assim, foi possível classificar o N1 como uma regra Classe 1.

O exemplo da classe 2 é o critério N2.1, referente à Iluminação mínima por ambiente, presente também nas Tabelas A, B e C do Anexo 1 do COP de Crateús, conforme a Figura 8.

Figura 8 - Destaque Tabela B: Iluminação mínima por ambiente

RESIDÊNCIAS							
	CÍRCULO INSCRITO (m)	ÁREA MÍNIMA (m ²)	ILUMINAÇÃO MÍNIMA	VENTILAÇÃO MÍNIMA	PÉ DIREITO MÍNIMO (m)	PROFUNDIDADE MÁXIMA	OBS.
VESTÍBULO	0,80	-	-	-	2,30	-	(1), (2)
SALAS ESTAR	2,50	10,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	
SALA REFEIÇÕES	2,00	6,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	

Fonte: Crateús (2001).

Ao preencher a tabela de identificação foram identificadas 4 etapas, conforme a Figura 9.

Figura 9 - Tabela de Identificação critério N2.1

Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
2.1	Iluminação mínima	Anexo I - Tabela A, B e C	Área Iluminação do ambiente \geq Área Iluminação mínima	Ambientes - Dimensões mínimas	Iluminação mínima; Iluminação do ambiente
Descrição	Conferir se área de iluminação cada ambiente corresponde ao mínimo necessário				
Entradas		Processos			Saídas
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme / Não conforme	-
Valor	Modelo	Área do ambiente	Identificação da área do ambiente		
Valor	Modelo	Área dos compartimentos de iluminação	Cálculo de Área de Iluminação do Ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Fração de iluminação mínima por ambiente	Cálculo de Área de Iluminação mínima		
Valor	Código LPV	Área de Iluminação mínima	Verificação de conformidade de área		

Fonte: da autora

Diferente dos valores de área mínima, a iluminação mínima descrita no COP representa não o valor da área de iluminação, mas um índice, que representa a razão entre a área de iluminação e a área do ambiente. Por esse motivo, não é possível fazer uma comparação direta entre as informações extraídas do modelo e os valores apresentados no COP. É necessário realizar uma manipulação dos dados, para então compará-los, o que representa uma das etapas do processo. Assim, o N2 realiza cálculos derivados dos dados extraídos do modelo, o que o classifica como uma Regra Classe 2.

Por fim, o critério N3.1 é o exemplo escolhido para a classe 3, que trata a verificação do Círculo Inscrito, conforme apresentado na Figura 10.

Figura 10 - Destaque Tabela B: Círculo inscrito por ambiente

RESIDÊNCIAS							
	CÍRCULO INSCRITO (m)	ÁREA MÍNIMA (m ²)	ILUMINAÇÃO MÍNIMA	VENTILAÇÃO MÍNIMA	PÉ DIREITO MÍNIMO (m)	PROFUNDIDADE MÁXIMA	OBS.
VESTÍBULO	0,80	-	-	-	2,30	-	(1), (2)
SALAS ESTAR	2,50	10,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	
SALA REFEIÇÕES	2,00	6,00	1/6	1/12	2,50	3 vezes o pé-direito	

Fonte: Crateús (2001).

A Figura 11 apresenta a identificação dos processos envolvidos.

Figura 11 - Tabela de Identificação critério N3.1

Número	Nome	Referências	Crítérios	Categoria	Parâmetros
3.1	Círculo Inscrito Mínimo	Anexo I - Tabela A, B e C	Diâmetro inscrito no ambiente \geq Diâmetro mínimo	Ambientes - Dimensões mínimas	Diâmetro inscrito no ambiente; Diâmetro mínimo
Descrição	Conferência se o diâmetro inscrito em cada ambiente corresponde ao mínimo necessário				
	Entradas		Processos		Saídas
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas		Resultado
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente		Conforme/ Não conforme
Valor	Modelo	Limites do ambiente	Identificação dos limites do ambiente		
Valor	Modelo	Precisão de refino	Criação de geometrias dentro do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Círculo máximo do ambiente	Cálculo do diâmetro do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Diâmetro por ambiente	Verificação de conformidade		
					Unidade

Fonte: da autora

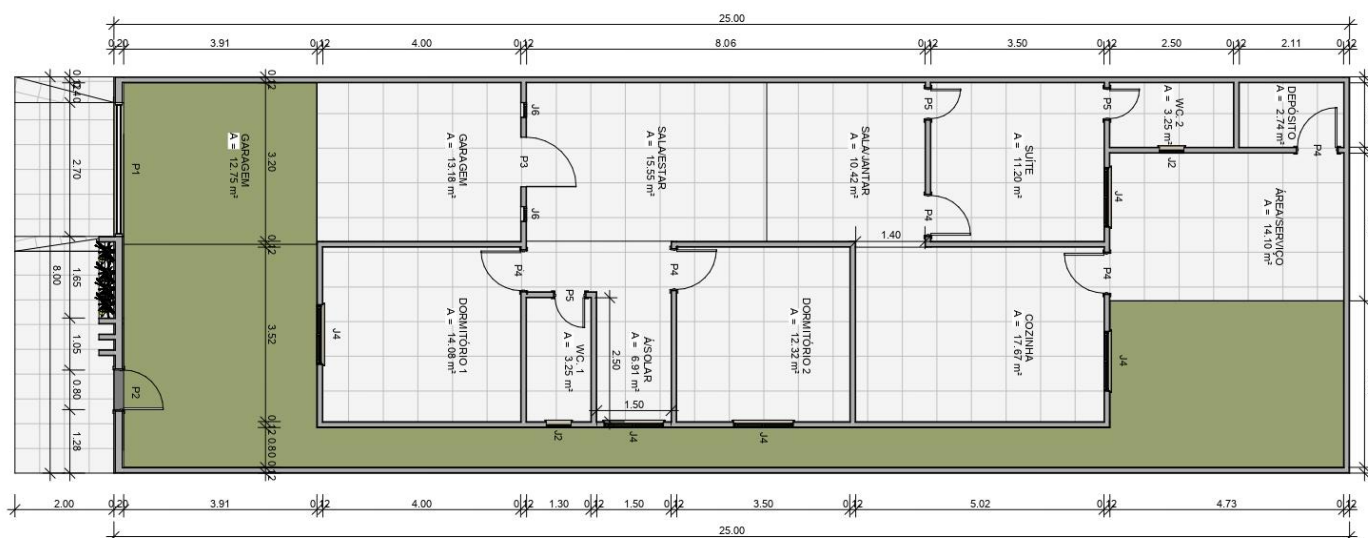
Um diferencial desse critério é a existência de uma etapa de criação de novos elementos dentro do modelo, elementos estes necessários para a verificação de conformidade do critério. Novos elementos geométricos de círculo devem ser criados no modelo, dentro de cada ambiente, a fim de verificar seu diâmetro. Assim, as características presentes nas Classes 1 e 2 estão presentes, a extração de informações diretas do modelo e a manipulação de dados através de cálculos, mas também há o aumento da estrutura de dados original. Com isso, N3.1 foi classificada como uma Regra Classe 3.

O tópico seguinte entra em detalhes quanto à implementação do artefato com a transcrição das regras em LPV.

4.3 Implementação e teste do artefato

Como mencionado, a implementação do artefato foi realizada em LPV, através do Dynamo associado ao Revit. Para tanto, modelou-se um projeto residencial, submetido e aprovado pela prefeitura, o projeto consistia numa residência com garagem, sala de estar e jantar, dois dormitórios, uma suíte, um banheiro, área solar, depósito e área de serviço, com um total de 135 m² de área construída e 200 m² de terreno, conforme a planta baixa apresentada na Figura 12.

Figura 12 - Planta baixa do projeto usado para avaliação



Fonte: da autora.

Para a implementação do artefato foram selecionados 5 critérios a serem transcritos em LPV através do Dynamo associado ao Revit. As regras de verificação oriundas desses critérios encontram-se no Apêndice E. O Quadro 8 apresenta o resumo das rotinas escolhidas para implementação.

Quadro 8 - Rotinas implementadas

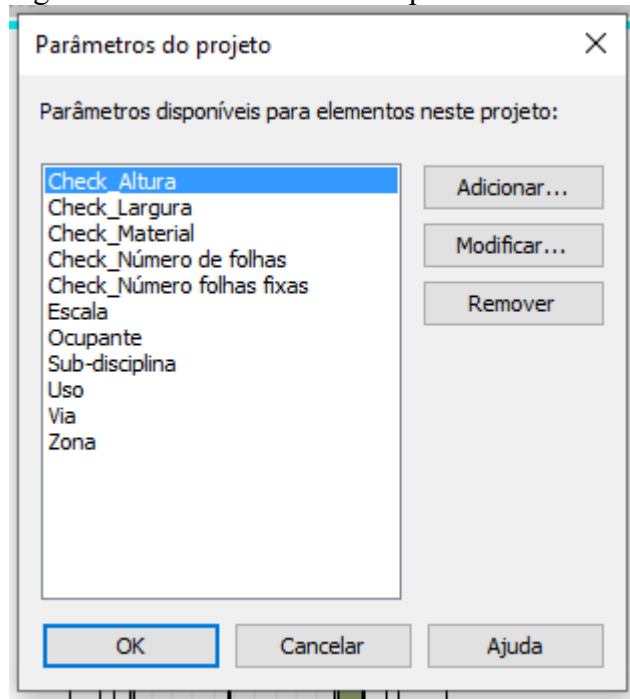
Rotina	Verificação	Classe
01_Obras_Complementares	Verifica a existência de obras complementares	1
01_Área_Ambiente	Verifica a Área do ambiente	1
02_Iluminação	Verifica a área de iluminação do ambiente	2
02_Ventilação	Verifica a área de ventilação do ambiente	2
03_Círculo_interno	Verifica o Diâmetro interno do ambiente	3

Fonte: da autora

O primeiro passo foi identificar no modelo se os parâmetros de entrada necessários para a implementação das rotinas estavam presentes, conforme a Figura 13. No caso do modelo

utilizado para o presente trabalho, alguns parâmetros precisaram ser criados e seus valores inseridos manualmente.

Figura 13 - Parâmetros criados para o desenvolvimento de rotinas

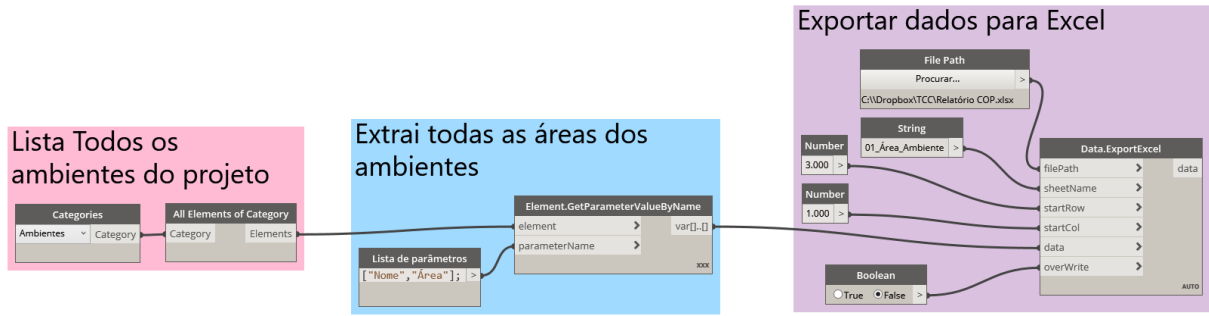


Fonte: da autora

Os parâmetros criados para as rotinas do COP estão identificados com o prefixo “Check_”. Todos os parâmetros novos criados dizem respeito às janelas do projeto. A programação do Dynamo é sensível à escrita dos parâmetros, ou seja, os parâmetros utilizados devem estar indicados no código tal qual são escritos no modelo. Como as esquadrias possuem diferentes modelos e fontes, foi preferível criar parâmetros e atribuí-los a todas as janelas do modelo, para que o a rotina pudesse funcionar em todos os elementos.

As rotinas de Classe 1 escolhidas foram as de determinação de área mínima, conforme a Figura 14. É possível observar como, similar ao indicado na tabela de identificação, seus processos são bem simplificados. Os dados acessados nas rotinas são dados nativos do modelo, então não foi preciso fazer maiores definições.

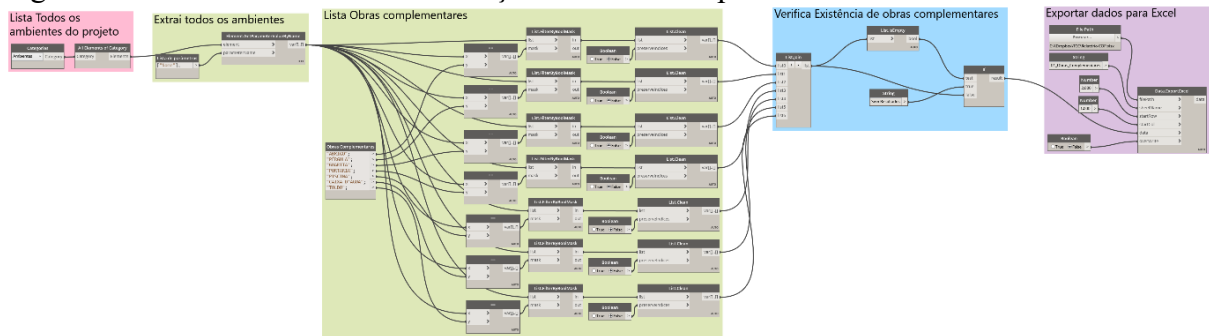
Figura 14 - Rotina em LVP de determinação de área mínima



Fonte: da autora

A rotina de verificação de obras complementares é apresentada na Figura 15.

Figura 15 - Rotina em LVP de verificação de obras complementares

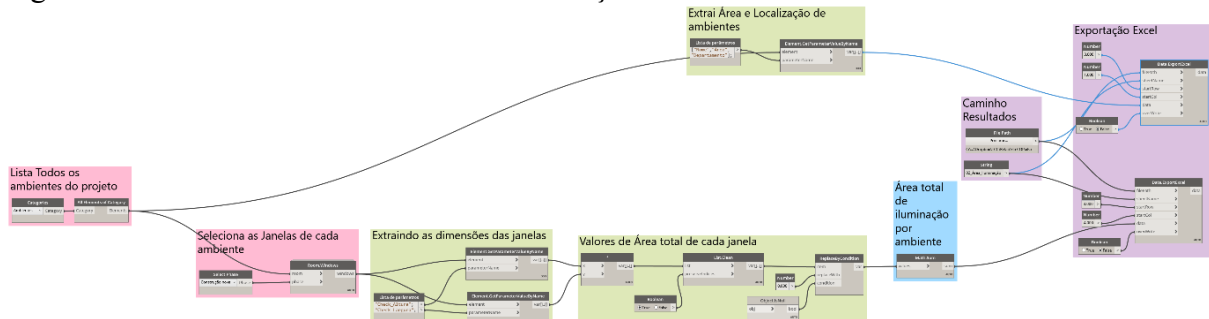


Fonte: da autora

Para as rotinas de Classe 2 foi necessário a adição de parâmetros novos, para as janelas. Além disso, um dos parâmetros de Ambiente, “Departamento”, foi preenchido durante a modelagem para a identificação de ambientes internos e externos.

A Figura 16 apresenta a rotina para a verificação da área de iluminação.

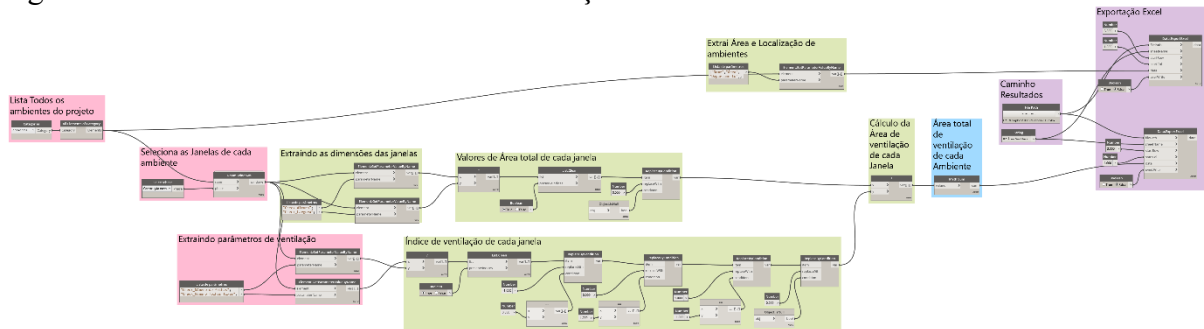
Figura 16 - Rotina em LVP de área de iluminação



Fonte: da autora

A Figura 17 apresenta a verificação da área de ventilação de cada ambiente.

Figura 17 - Rotina em LVP de área de ventilação

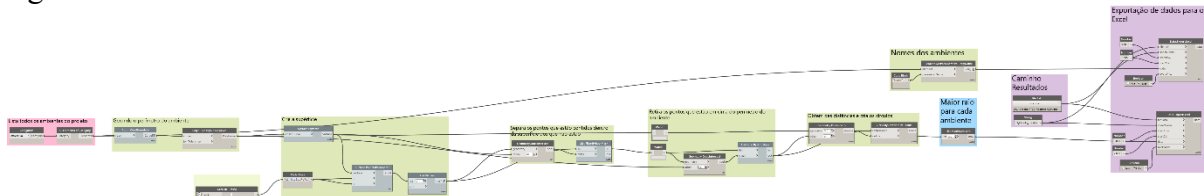


Fonte: da autora

Para ambos os casos, foram consideradas apenas as janelas, sem considerar a iluminação ou ventilação de portas, apenas para facilitar a criação das regras. Ambientes externos possuem iluminação e ventilação natural, por isso sua identificação foi necessária.

Por fim, na Classe 3 apresenta-se a rotina de verificação de círculos internos dos ambientes, conforme a Figura 18.

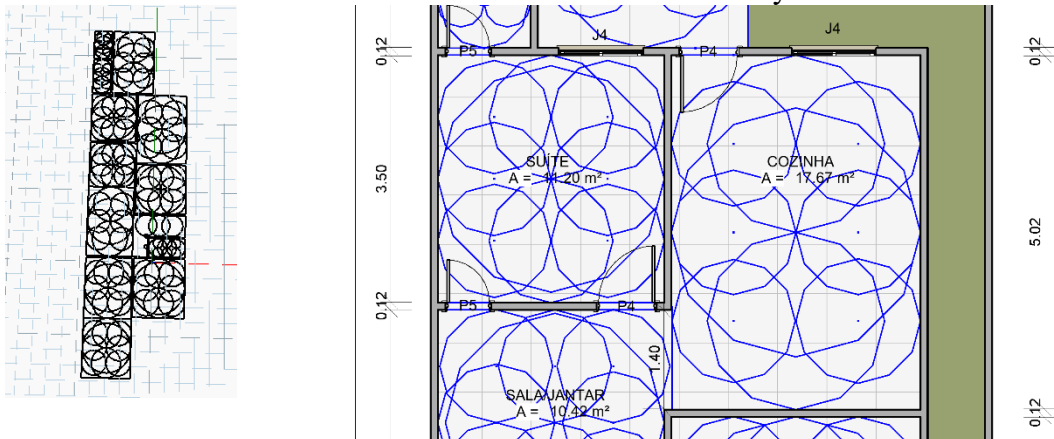
Figura 18 - Rotina em LVP de Círculo inscrito



Fonte: da autora

Pela sua classificação, é necessária a criação de novos elementos, para a verificação, que são observados na Figura 19 a e b.

Figura 19 - Resultado da Rotina em LVP de Círculo inscrito no Dynamo e no Revit



a) círculos inscritos em toda a edificação no Dynamo

b) zoom dos círculos inscritos na suíte e cozinha no Revit

Fonte: da autora

Para fins de relatório de resultados, as informações e saída das rotinas desenvolvidas foram exportadas para planilhas do Excel, ação possível dentro do Dynamo, e especialmente útil para visualização externa dos resultados. As planilhas serão apresentadas com destaque no tópico a seguir.

4.4 Avaliação do artefato proposto

Para a validação dos códigos, foram realizados testes internos. Os testes consistiram na execução das rotinas no projeto modelado, e seus resultados foram comparados com as verificações realizadas manualmente, um exemplo para cada classe (rotinas 01_Área_Ambiente, 02_Iluminação e 03_Círculo_interno). As planilhas completas, da verificação manual e automática, se encontram no Apêndice F.

A Figura 20 apresenta o resultado para área mínima dos ambientes (classe 1).

Figura 20 - Área mínima: Planilha de exportação de resultados

Índice	Projeto		Critério	Checagem	
	Ambiente	Área (m ²)	$A_{am} \geq A_{mín,am}$		
Anexo I - Tabela A, B, C e D	DORMITÓRIO 1	14,08	8,00	✓	Aprovado
	WC. 1	3,25	1,50	✓	Aprovado
	DORMITÓRIO 2	12,32	8,00	✓	Aprovado
	SUÍTE	11,20	8,00	✓	Aprovado
	COZINHA	17,67	5,00	✓	Aprovado
	WC. 2	3,25	1,50	✓	Aprovado
	DEPÓSITO	2,73	1,50	✓	Aprovado
	GARAGEM	13,18	9,00	✓	Aprovado
	SALA/JANTAR	10,42	6,00	✓	Aprovado
	SALA/ESTAR	15,55	10,00	✓	Aprovado
	Á/SOLAR	6,91	0,00	✓	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	14,07	2,50	✓	Aprovado
	GARAGEM	12,75	9,00	✓	Aprovado

Fonte: da autora

A Figura 21 apresenta o resultado para a iluminação mínima (classe 2).

Figura 21 - Iluminação mínima: Planilha de exportação de resultados

Índice	Projeto				Critério	Checagem	
	Ambiente	Área Ambiente (m ²)	Localização	Área Iluminação (m ²)			
Anexo I - Tabela A, B, C e D					Iam ≥ Imín,am		
	DORMITÓRIO 1	14,08	Interno	1,20	2,35	⊗	Reprovado
	WC. 1	3,25	Interno	0,30	0,41	⊗	Reprovado
	DORMITÓRIO 2	12,32	Interno	1,20	2,05	⊗	Reprovado
	SUÍTE	11,20	Interno	1,20	1,87	⊗	Reprovado
	COZINHA	17,67	Interno	1,20	2,95	⊗	Reprovado
	WC. 2	3,25	Interno	0,30	0,41	⊗	Reprovado
	DEPÓSITO	2,73	Interno	0,00	0,00	⊙	Aprovado
	GARAGEM	13,18	Externo	1,14	1,10	⊙	Aprovado
	SALA/JANTAR	10,42	Interno	0,00	1,74	⊗	Reprovado
	SALA/ESTAR	15,55	Interno	1,14	2,59	⊗	Reprovado
	Á/SOLAR	6,91	Interno	1,20	1,15	⊙	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	14,07	Externo	1,50	1,76	⊙	Aprovado
GARAGEM	12,75	Externo	0,00	1,06	⊙	Aprovado	

Fonte: da autora

A Figura 22 apresenta o resultado para o círculo inscrito (classe 3).

Figura 22 - Diâmetro mínimo do círculo interno: Planilha de exportação de resultados

CÍRCULO INSCRITO MÍNIMO						
Índice	Projeto			Critério	Checagem	
	Ambiente	Raio Máximo (m)	Diâmetro Máximo (m)			
Anexo I - Tabela A, B, C e D				Dam ≥ Dmín,am		
	DORMITÓRIO 1	1,77	3,54	2,00	⊙	Aprovado
	WC. 1	0,66	1,32	1,00	⊙	Aprovado
	DORMITÓRIO 2	1,76	3,52	2,00	⊙	Aprovado
	SUÍTE	1,61	3,22	2,00	⊙	Aprovado
	COZINHA	1,77	3,54	1,80	⊙	Aprovado
	WC. 2	0,66	1,32	1,00	⊙	Aprovado
	DEPÓSITO	0,66	1,32	1,00	⊙	Aprovado
	GARAGEM	1,61	3,22	2,20	⊙	Aprovado
	SALA/JANTAR	1,55	3,11	2,00	⊙	Aprovado
	SALA/ESTAR	1,60	3,20	2,50	⊙	Aprovado
	Á/SOLAR	0,73	1,47	0,00	⊙	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	1,50	2,99	1,50	⊙	Aprovado
GARAGEM	1,64	3,27	2,20	⊙	Aprovado	

Fonte: da autora

Para considerar os códigos validados, foi preciso comparar os resultados da verificação automática com a manual. Como pode ser constatado no Apêndice F, com as planilhas completas, foi possível validar os códigos de verificação, já que seus resultados são equivalentes aos obtidos manualmente. Foi identificada uma diferença na quantidade de ambientes, que se deve à análise através da LPV captar ambientes com mesmo nome (Garagem) e um ambiente não oficial (Á/Solar), mas seus resultados não apresentaram inconsistência.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM conforme o Código de Obras e Posturas de Crateús, CE. Para tanto, realizou-se uma pesquisa de acordo com a estratégia metodológica *Design Science Research* para conduzir a proposição e teste do artefato que possibilitou a análise pretendida no objetivo principal.

Assim, realizou-se quatro entrevistas com profissionais atuantes na região, incluindo-se a analista de projetos da prefeitura, que em conjunto com a análise do Código de Obras e Posturas permitiu obter um profundo conhecimento sobre o processo de aplicação desta lei em Crateús, conforme objetivo específico a. Notou-se inconsistências na lei devido à falta de atualização, o que tem feito com que sua utilização seja cada vez menos efetiva. Um ponto a se notar é o tempo de emissão de alvará de construção é curto e simples. Ainda, observou-se que a pandemia induziu à digitalização e vários processos podem ser realizados por e-mail, WhatsApp e pelo portal da prefeitura. Isso contrariou a literatura e a própria motivação inicial do trabalho.

Em contrapartida, a verificação dos projetos em si, sendo eles entregues em formato digital ou físico, continua sendo feita manualmente, o que, pela quantidade de critérios identificados na legislação vigente, é um processo oneroso e passível de erros. Ainda, a verificação é bem simplificada não sendo exigido, de fato, todos os requisitos da lei. Constatou-se que legislação não está adequada ao desenvolvimento e análise dos projetos, esse é um argumento a mais para sua urgente atualização.

Apesar desses resultados contrários à justificativa inicial da pesquisa, a oportunidade de melhoria do processo continua assentada não só sobre o tempo total gasto para se emitir o alvará, mas pela adequada análise que os critérios legais deveriam ser submetidos. E mais, a facilidade com que isso poderia ser atingido. Assim, verificou-se que a maioria (74%) dos critérios de aprovação de projetos residenciais do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE podem ser checados automaticamente através de modelos BIM, conforme objetivo específico b, o que permitiu avançar para o desenvolvimento do artefato.

Esses critérios foram classificados e posteriormente transcritos em Linguagem de Programação Visual, através da ferramenta Dynamo, objetivo específico d. Com isso, foi possível realizar a checagem de um projeto modelado no Revit, e sua validação interna comparando com a verificação manual demonstrou que os códigos foram bem precisos, demandando menor quantidade de tempo, conforme o último objetivo específico.

Assim, pôde-se concluir pela aplicabilidade da linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM conforme o Código de Obras e Posturas de Crateús, CE. Apesar de focar em melhorias tecnológicas, estudos como este ajudam a olhar melhor para a legislação municipal, que apesar de seguir diretrizes parecidas entre cidades diferentes, possuem diversas particularidades, desde os parâmetros urbanísticos utilizados, quanto à própria escrita ou disposição e disponibilidade de informações. Ainda, pode-se observar oportunidades de melhoria à lei em causa, o que contribui para a atualização de leis municipais, como apontado nos resultados do presente trabalho.

Apesar dos esforços, o trabalho possui suas limitações. Uma delas é que somente obras residenciais foram implementadas, sendo oportuno para trabalhos futuros verificar a aplicabilidade para obras comerciais e industriais. Ainda, seria oportuno realizar a validação do artefato diretamente com profissionais, abordando outros aspectos além da funcionalidade – como aqui demonstrado. Por fim, seria oportuno estudos sobre a conformidade das leis com as normas atuais e o próprio desenvolvimento urbano municipal.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA BRASÍLIA. **Primeiro alvará de construção em sete dias é entregue.** Agência Brasília, Brasília - DF, 18 de dezembro de 2019. Disponível em: <<https://www.agenciabrasilia.df.gov.br/2019/12/18/primeiro-alvara-de-construcao-em-sete-dias-e-entregue/>> Acesso em: 17 de jul. de 2021.

AGÊNCIA DE NOTÍCIAS – PREFEITURA DE CURITIBA. **Emissão de alvará de construção agora é on-line.** Prefeitura Municipal de Curitiba, Curitiba - PR, 19 de junho de 2020. Disponível em: <<https://www.curitiba.pr.gov.br/noticias/emissao-de-alvara-de-construcao-agora-e-on-line/56340>> Acesso em: 17 de jul. de 2021.

ANDRADE, M.L.V.X.; RUSCHEL, R.C. **BIM: Conceitos, cenário das pesquisas publicadas no Brasil e tendências.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE QUALIDADE DO PROJETO NO AMBIENTE CONSTRUÍDO, 2009, São Carlos. Anais [...]. São Carlos: Rima Editora, 2009. p. 602-613. Disponível em: <<https://doi.org/10.4237/sbqp.09.166>>.

BARBOSA, A. da S. **VERIFICAÇÃO AUTOMÁTICA DE REQUISITOS DE PROJETO DE SAÍDAS DE EMERGÊNCIA COM USO DE BUILDING INFORMATION MODELING (BIM) E PROGRAMAÇÃO VISUAL COMPUTACIONAL.** 2019. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal da Bahia, Salvador, 2019.

BARDIN, L. **Análise de Conteúdo.** São Paulo: Edições 70, 2011.

BONAT, D. **Metodologia da Pesquisa.** Aulas particulares on-line do IESDE Brasil S/A. 3. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A. , 2009.

BRASIL. Lei nº 10.257, de 10 de julho de 2001. **Estatuto da Cidade.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/leis_2001/l10257.htm>. Acesso em: 14 de jan. de 2022.

BRIGITTE, G. T. N.; RUSCHEL, R. C. **Linguagem de programação visual para avaliação de modelos BIM na concepção do projeto.** SIMPÓSIO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DA INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 2., 2019, Campinas. Anais [...]. Porto Alegre: ANTAC, 2019. Disponível em: <<https://www.antaceventos.net.br/index.php/sbtic/sbtic2019/paper/view/123>>.

CARVALHO, Y. M. V. de. **FERRAMENTA DE ANÁLISE AUTOMATIZADA DE PROJETOS.** 2021. 123 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós graduação em Engenharia Civil: estruturas e construção civil, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2021.

CEARÁ. **EDITAL Nº 01/2021 PROGRAMAS CORREDORES DIGITAIS E CLUSTERS ECONÔMICOS DE INOVAÇÃO.** Ceará, p. 24, 2021. Disponível em: <<https://www.sedet.ce.gov.br/wp-content/uploads/sites/15/2021/07/Edital-PCD-Clusters.pdf>>. Acesso em: 17 de jul. de 2021.

CEOTTO, L. H. **Diretor da Tishman Speyer fala sobre a organização do ciclo de produção da construção civil no Brasil e mostra-se otimista para 2017**. Entrevista concedida a Alexandra Gonzalez. *Construção Mercado*, Edição 187, Fevereiro/2017.

COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CASTRO, A. J. N. de; CÂNDIDO, L. F; BATISTA, T. L. **Adoção BIM: um diagnóstico microrregional a partir da perspectiva de múltiplos stakeholders**. SIMPÓSIO BRASILEIRO DE GESTÃO E ECONOMIA DA CONSTRUÇÃO, XII., 2021, Maceió, Alagoas. Anais... Porto Alegre: ANTAC, 2021

CRATEÚS. Lei nº 450/01, de 28 de junho de 2001. **Código de Obras e Posturas**. Crateús, 2001.

CRESWELL, J. W. **Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto**. 2. ed. Porto Alegre: Artmed, 2007.

DE SORDI, J. O.; MEIRELES, M.; SANCHES, C. **Design Science: uma abordagem inexplorada por pesquisadores brasileiros em gestão de sistemas de informação**. In: ENCONTRO NACIONAL DOS PROGRAMAS DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA EM ADMINISTRAÇÃO, Rio de Janeiro. Anais... Rio de Janeiro: ANPAD, 2010.

EASTMAN, C. et al. **Automatic rule-based checking of building designs**. *Automation in Construction*, v. 18, n. 8, p. 1011–1033, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2009.07.002>>.

EASTMAN, C. et al. **Manual BIM: Um guia de modelagem da informação da construção para arquitetos, engenheiros, gerentes, construtores e incorporadores**. Porto Alegre: Bookman, 2014.

HEVNER, A. R. et al. **Design science in information systems research**. *MIS Quarterly: Management Information Systems*, v. 28, n. 1, p. 75–105, 2004.

KATER, M.; RUSCHEL, R. C. **O potencial da verificação automatizada baseada em regras para as medidas de segurança contra incêndio em BIM**. *Ambiente Construído*, Porto Alegre, v. 20, n. 4, p. 423-444, out./dez. 2020. ISSN 1678-8621 Associação Nacional de Tecnologia do Ambiente Construído. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1590/s1678-86212020000400481>>.

LUKKA, K. **The constructive research approach**. In: OJALA, L.; HILMOLA, O.-P. (Ed.). *Case study research in logistics*. Turku: Turku School of Economics and Business Administration, 2003. p. 83–101.

MARTINS, J. P.; RANGEL, B.; ABRANTES, V. **Automated rule-checking - a tool for design development**. 41st IAHS World Congress. Albufeira 2016. Disponível em: <<https://repositorio-aberto.up.pt/handle/10216/85536>>.

MEDEIROS, G. R. L. **Projeto de sistemas prediais hidráulicos em BIM: adequação dos métodos de cálculo às normas brasileiras através da programação visual**. 2017. 81 f.

Trabalho de Conclusão de Curso (graduação em Engenharia Civil) – Universidade Federal do Ceará, Centro de Tecnologia, Curso de Engenharia Civil, Fortaleza, 2017.

PORTAL DE SERVIÇOS – PREFEITURA DE FORTALEZA. **Alvará de construção – licenciamento digital Fortaleza**. Prefeitura Municipal de Fortaleza, Fortaleza – CE. Disponível em: <https://portal.seuma.fortaleza.ce.gov.br/fortalezaonline/portal/listaservicos.jsf?hash=alvara_construcao> Acesso em: 17 de jul. de 2021.

PRIMER, D. **The Dynamo Primer**. [S. 1.], 2021. Disponível em: <<https://primer.dynamobim.org/ptbr>>. Acesso em: 28 de dez. de 2021.

PREIDEL, C.; BORRMANN, A. **TOWARDS CODE COMPLIANCE CHECKING ON THE BASIS OF A VISUAL PROGRAMMING LANGUAGE**. 2016

RICHARDSON, R. J. **Pesquisa Social: Métodos e Técnicas**. 3. ed. São Paulo, SP: Atlas, 2011.

ROMERO, J. M.; SCHEER, S. **Potencial da Implementação da BIM no Processo de Aprovação de Projetos de Edificações na Prefeitura Municipal de Curitiba**. SBQP 2009 – Simpósio Brasileiro de Qualidade do Projeto no Ambiente Construído, 2009, São Carlos, São Paulo.

SANTOS, E. R. dos. Adoção da plataforma BIM no processo de aprovação de projetos de edificações: desafios e possibilidades. 27 f. Dissertação (mestrado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro, Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Programa de Pós-Graduação em Arquitetura, Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2018.

SENA, P. C. P de. **Automação de processos de projeto e programação em BIM: Dynamo, Python e C#**. 92f. Dissertação (Mestrado em Arquitetura e Urbanismo) - Programa de Pós Graduação do Instituto de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2019.

SECRETARIA DE COMUNICAÇÃO SOCIAL (SECOM). **Sistema pioneiro para licenciamento de construções é lançado pela prefeitura**. Prefeitura Municipal de Salvador, Salvador - BA, 30 de dezembro de 2020. Disponível em: <<http://comunicacao.salvador.ba.gov.br/index.php/todas-as-noticias/57532-sistema-pioneiro-para-licenciamento-de-construcoes-e-lancado-pela-prefeitura>> Acesso em: 17 de jul. de 2021

SOLIHIN, W.; EASTMAN, C. **Classification of rules for automated BIM rule checking development**. Automation in Construction, v. 53, p. 69–82, 2015. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2015.03.003>>.

SUCCAR, B. **Building information modelling framework: A research and delivery foundation for industry stakeholders**. Automation in Construction, v. 18, n. 3, p. 357–375, 2009. Disponível em: <<http://dx.doi.org/10.1016/j.autcon.2008.10.003>>.

VASCONCELOS, I. A; CÂNDIDO, L. F; HEINECK, L. F.M. **Guidelines for practice and evaluation of sustainable construction sites: a Lean , Green and Wellbeing integrated approach**. ANNUAL CONFERENCE OF THE INTERNATIONAL GROUP FOR LEAN CONSTRUCTION, 23., 2015, Perth. Proceedings ... Perth, Australia : IGLC

APÊNDICE A – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM ANALISTA DE PROJETOS – PODER PÚBLICO

CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS EM CIDADES DE PEQUENO PORTE

Objetivos da pesquisa

O objetivo desse roteiro de entrevistas é coletar informações para o desenvolvimento de uma pesquisa cuja finalidade é **propor melhorias ao processo de aprovação de projetos em cidades de pequeno porte.**

Observação 1: fica garantido o sigilo das informações relativas à instituição e ao respondente.

Observação 2: a pesquisa não pretende levantar resultados, mas apenas o que os envolvidos no processo julgam ser importante e o que está em prática atualmente.

Observação 3: Os pesquisadores se dispõem a fornecer um exemplar (cópia eletrônica) dos resultados da pesquisa, caso haja manifesto interesse por parte desta.

Observação 4: pedimos a autorização para realizar a gravação da entrevista para facilitar a transcrição das informações ditas pelo entrevistado.

Observação 5: Nenhum dos questionamentos possui resposta certa, sendo de interesse dos pesquisadores apenas entender o relacionamento e a visão dos respondentes com a temática tratada e com sua instituição.

Parte I: Caracterização do Respondente

A primeira parte do questionário tem por objetivo colher informações sobre o respondente e sua formação para compor dados demográficos dos agentes envolvidos.

Questionamentos

Informações sobre os respondentes (estes dados não serão revelados na pesquisa)

Nome: Cargo: Nível Hierárquico:

Área de atuação

Tempo de atuação profissional: Tempo na instituição:

Formação e Titulação Máxima:

Registro no Crea: () Sim () Não

Parte II: Caracterização Geral do Setor

A segunda parte do questionário tem por objetivo colher informações sobre as características gerais do setor.

Questionamentos

- 1. Como está organizado o setor de aprovação de projetos? (conte um pouco sobre o seu funcionamento, quantas pessoas trabalha neste setor)**
- 2. Qual a infraestrutura disponível para o setor (material e tecnológico, como computadores e softwares)?**

Parte III: Caracterização Geral do Processo de Aprovação

A terceira parte do questionário tem por objetivo colher informações sobre as características gerais do processo de aprovação

Questionamentos

- 3. Quais os tipos de licenciamento são emitidos pela prefeitura? Todos são emitidos pelo mesmo setor? (ex.: secretaria de arrecadação)**
- 4. Como é o processo geral para a solicitação de alvará de construção na Prefeitura de Crateús (Quais setores são envolvidos, quais as documentações solicitadas, etc)?**
- 5. Esse processo possui alguma diferença com relação as leis municipais disponíveis ao público (pegar a referência)?**
- 6. Quais os projetos são submetidos (tipos de obras/empreendimento e quantidades)?**
- 7. Quanto tempo leva em média (com e sem as revisões) para concluir a avaliação de um projeto? (podemos dividir por tipos de projeto, como residencial, comercial, etc)**
- 8. Quantos são aprovados em primeira análise, reprovados ou revisões são solicitadas? (por mês ou por ano)**
- 9. Como é feita a escolha e avaliação dos projetos complementares?**
- 10. O fato de a lei ter 20 anos provoca alguma dificuldade no processo de aprovação? De que natureza são essas dificuldades? Há previsão de revisão destas leis? Se sim, em que estágio esta revisão está e quem está envolvido?**
- 11. A pandemia provocou alguma mudança no processo de avaliação? Se sim, quais? (Por exemplo, forma de entrega de projetos - em papel para digital, quantidade de analistas, etc.)**
- 12. Qual o meio de armazenamento das informações obtidas no processo de aprovação de projetos? Os documentos, projetos e etc. permanecem na prefeitura ou são todos devolvidos? A prefeitura utiliza essas informações de alguma forma?**

- 13. Quais as principais dificuldades que você enxerga sobre este processo de avaliação?
Quais as oportunidades de melhoria?**

Parte IV: Caracterização da verificação de projetos

A quarta parte tem por objetivo colher informações específicas sobre a verificação de critérios nos projetos submetidos.

Questionamentos

- 14. Vocês usam algum checklist para auxiliar a verificação? Se sim, poderia disponibilizar?**
- 15. Quais itens são mais fáceis de checar? Quais os mais difíceis?**
- 16. Quais os principais itens que necessitam de correção ou revisão?**
- 17. Quais os tipos de projetos demoram mais tempo para realizar a verificação?**
- 18. Quais os itens mais críticos na análise de projetos?**
- 19. Quais outros instrumentos legais são avaliados (norma de acessibilidade)?**
- 20. Quais as principais dificuldades que você enxerga acerca da verificação de projetos?
Quais as oportunidades de melhoria?**

**APÊNDICE B – ROTEIRO DE ENTREVISTA COM PROJETISTAS
 CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS EM
 CIDADES DE PEQUENO PORTE (PROJETISTAS)**

Objetivos da pesquisa

O objetivo desse roteiro de entrevistas é coletar informações para o desenvolvimento de uma pesquisa cuja finalidade é **propor melhorias ao processo de aprovação de projetos residenciais de pequenas construções utilizando tecnologia BIM.**

Observação 1: fica garantido o sigilo das informações relativas à instituição e ao respondente.

Observação 2: a pesquisa não pretende levantar resultados, mas apenas o que os envolvidos no processo julgam ser importante e o que está em prática atualmente.

Observação 3: Os pesquisadores se dispõem a fornecer um exemplar (cópia eletrônica) dos resultados da pesquisa, caso haja manifesto interesse por parte desta.

Observação 4: pedimos a autorização para realizar a gravação da entrevista para facilitar a transcrição das informações ditas pelo entrevistado.

Observação 5: Nenhum dos questionamentos possui resposta certa, sendo de interesse dos pesquisadores apenas entender o relacionamento e a visão dos respondentes com a temática tratada e com sua instituição.

Parte I: Caracterização do Respondente

A primeira parte do questionário tem por objetivo colher informações sobre o respondente e sua formação para compor dados demográficos dos agentes envolvidos.

Questionamentos

Informações sobre os respondentes (estes dados não serão revelados na pesquisa)

Nome: **Cargo:** **Nível Hierárquico:**

Área de atuação:

Tempo de atuação profissional: **Tempo na instituição:**

Formação e Titulação Máxima:

Registro no Crea: () Sim () Não

Parte II: Caracterização Geral da Empresa/Projetista

A segunda parte do roteiro tem por objetivo colher informações sobre as características gerais da empresa/projetista. Estas informações são fundamentais para melhor conhecer a organização e para analisar tendências para grupos de organizações com características semelhantes.

Questionamentos

-
- 1. Há quanto tempo a empresa/você atua? (conte um pouco sobre a história da empresa/sua história)**
 - 2. Qual o tipo de constituição da empresa? (MEI, EIRELI, Empresário Individual, LTDA, Sociedade Simples, S.A)**
 - 3. Qual a classificação da sua empresa?**
 - () Micro Empreendedor Individual (Até R\$81 mil)
 - () Micro Empresa (Maior que R\$81 mil e menor ou igual a R\$360 mil)
 - () Empresa de Pequeno Porte (Maior que R\$360 mil e menor ou igual a R\$4,8 milhões)
 - () Média Empresa (Maior que R\$ 4,8 milhões e menor ou igual a R\$ 300 milhões)
 - 4. Quantos funcionários trabalham para sua empresa?**
 - 5. Qual a praça de atuação, ou seja, locais que sua empresa atua?**
 - 6. Qual os tipos de obra que atua?**

<ul style="list-style-type: none"> () Obras residenciais classe A () Obras residenciais classe B () Obras residenciais classe C () Obras comerciais () Obras industriais () Obras públicas (edificações) 	<ul style="list-style-type: none"> () Obras públicas (Habitação de Interesse Social) () Obras públicas de infraestrutura () Obras privadas de Infraestrutura () Outro: _____
--	---
 - 7. Em geral, qual o porte das obras que mais representa os empreendimentos que você/sua empresa trabalha?**
 - () Micro (área construída ≤ 250 ; faturamento bruto anual ≤ 100.000 ; funcionários ≤ 6);
 - () Pequeno ($250 < \text{área construída (m}^2) \leq 1.000$; $100.000 < \text{faturamento bruto anual (R\$)} \leq 200.000$; $6 < \text{Funcionários} \leq 50$);x
 - () Médio ($1.000 < \text{área construída (m}^2) \leq 5.000$; $200.000 < \text{faturamento bruto anual (R\$)} \leq 2.000.000$; $50 < \text{Funcionários} \leq 100$);
 - () Grande ($5.000 < \text{área construída (m}^2) \leq 10.000$; $2.000.000 < \text{faturamento bruto anual (R\$)} \leq 15.000.000$; $100 < \text{Funcionários} \leq 500$);
 - () Excepcional ($10.000 < \text{área construída (m}^2)$; faturamento bruto anual (R\$) $> 15.000.000$; Funcionários > 500);
 - 8. Em geral, qual o sistema construtivo das obras que mais representa os empreendimentos que você/sua empresa trabalha?**
 - () Concreto armado () Alvenaria Estrutural () Outro
 - (Especificar): _____

9. Seus projetos são desenvolvidos de que forma? (APENAS PARA EMPRESAS)

() Equipe própria () Terceirizados () Ambos

10. Quais projetos você desenvolve? 11. Quais projetos você contrat

Arquitetura	(<input type="checkbox"/>)	(<input type="checkbox"/>)
Estrutura	(<input type="checkbox"/>)	(<input type="checkbox"/>)
Instalações Elétricas	(<input type="checkbox"/>)	(<input type="checkbox"/>)
Instalações Hidrossanitárias	(<input type="checkbox"/>)	(<input type="checkbox"/>)
Outro, qual?	(<input type="checkbox"/>)	(<input type="checkbox"/>)

12. Quantos projetos você já entregou? Quantos você entrega por mês? E nos últimos cinco anos? Atualmente, quantos estão em fase de execução?

13. Existe contrato entre a empresa/projetista e o cliente/empresas? De que tipo é esse contrato, formal ou de gaveta?

Parte III: Caracterização da aprovação de projetos pela empresa/projetista

A terceira parte do questionário tem por objetivo colher informações sobre o processo de aprovação de projetos.

Questionamentos

14. Como sua empresa/você se organiza/procede para realizar a aprovação de projetos na Prefeitura? (conte um pouco sobre o processo, quantas pessoas trabalha neste setor)

15. Vocês usam algum checklist para auxiliar a verificação? Se sim, poderia disponibilizar?

16. A Lei de Uso e Ocupação do Solo (LUOS) e o Código de Obras (COP) são claras e adequadas para regulamentar as atividades de construção em Crateús?

17. Quais itens da LUOS e COP são mais fáceis de atender? Quais os mais difíceis? Quais os itens mais críticos?

18. O fato dessas leis terem 20 anos provoca alguma dificuldade no processo de aprovação? De que natureza são essas dificuldades? Você acredita que a lei precisa ser atualizada?

19. Além da LUOS e do COP, você utiliza algum outro instrumento para analisar seus projetos (por exemplo a norma de acessibilidade)?

20. Que tipos de licenciamento geralmente você solicita?

21. Sua empresa/você possui alguma dificuldade para aprovar projetos na prefeitura? Se sim, quais?
22. Em média, quanto tempo seus projetos levam para serem aprovados?
23. Em geral, seus projetos recebem solicitações de revisão? Se sim, de que tipo?
24. Quais as oportunidades de melhoria você enxerga para o processo de aprovação de projetos na prefeitura?
25. Você conhece o BIM? Se não, já ouviu falar?
26. Qual o nível de envolvimento de sua empresa com BIM?
() Nenhum () Introdutório () Básico () Intermediário () Avançado

Perguntas exclusivas aos respondentes que ainda não usam o BIM

- Por que você não utiliza o BIM?
- Pretende começar a utilizar o BIM? Por quê? Como? Em quanto tempo?
- Você tem interesse em saber mais sobre o BIM?

27. Você utiliza alguma ferramenta ou serviço para revisão de projetos?

APÊNDICE C – ANÁLISE DOS CRITÉRIOS COP

Classificação Código de Obras de Crateús - CE - anexos

Nº	Referência	Descrição	Passível de automatização?	Classe
1	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Círculo inscrito no ambiente	Sim	3
2	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Área do ambiente	Sim	1
3	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Iluminação do ambiente	Sim	2
4	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Ventilação do ambiente	Sim	2
5	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Pé direito	Sim	1
6	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Profundidade do ambiente	Sim	2
7	Anexo I - Tabela A, B, C e D	Revestimento impermeável	Sim	2

Classificação Código de Obras de Crateús - CE

Número	Referência	Descrição	Passível de automatização?	Classe
8	Art. 24; Art. 32	Identificação de Obras complementares	Sim	1
9	Art. 25; Art 29; Art. 97; Art. 98; Art. 100	Exclusão de áreas no cálculo de taxa de ocupação e índice de aproveitamento do lote	Sim	1
10	Art. 26; Art. 27; Art. 28; Art. 29; Art. 30	Ocupação de faixas de recuo mínimo por obras complementares	Sim	3
11	Art. 27	Condições prevista para abrigo para carros	Sim	3
12	Art. 32	Segurança de piscinas e caixas d'água	Não	
13	Art. 33	Recuo de piscinas e caixas d'água	Sim	2
14	Art. 37	Condições previstas para passagens cobertas (sem vedação lateral)	Sim	2
15	Art. 37; Art. 38;	Condições previstas para Toldos	Sim	2
16	Art. 39	Condições previstas para Toldos, em prédios sem marquise	Sim	2
17	Art. 43	Edificações sem proteção por tombamento podem ser consideradas de interesse cultural	Não	
18	Art. 51	Exigência de Projeto de combate a incêndio	Sim	2
19	Art. 52	Condições de acesso e circulação - Portas e aberturas	Sim	2
20	Art. 52	Condições de acesso e circulação - Corredores	Sim	2
21	Art. 53; Art. 58	Escadas - altura e largura mínimas	Sim	2

Número	Referência	Descrição	Passível de automatização?	Classe
22	Art. 53	Existência de Escadas ou rampa	Sim	1
23	Art. 53	Dimensionamento de rampas	Sim	2
24	Art. 55; Art. 58	Dimensionamento de escadas	Sim	2
25	Art. 56	Patamares	Sim	3
26	Art. 57	Corrimão	Sim	3
27	Art. 59	Instalação obrigatória de elevador	Sim	2
28	Art. 59	Dimensões fronteiriças às portas de elevador	Sim	2
29	Art. 62	Condições normativas - NBR 9050	Não	
30	Art. 63	Áreas de circulação - Acessibilidade	Sim	1
31	Art. 64	Mudança de nível entre ambientes - acessibilidade	Sim	2
32	Art. 65	Equipamentos de circulação - Acessibilidade	Não	
33	Art. 68	Sanitários e Vestiários - Acessibilidade	Não	
34	Art. 76	Acesso à veículos - Acessibilidade	Sim	3
35	Art. 81	Acessibilidade em elevadores	Sim	1
36	Art. 82	Acessibilidade em estacionamento	Sim	1
37	Art. 88;	Iluminação e ventilação dos cômodos	Sim	2
38	Art. 88	Iluminação de caixa de escada (até 2 pav.) por claraboia	Sim	2
39	Art. 89	Definição de uso dos compartimentos - não classificatório	Sim	1
40	Art. 92	Compartimentos especiais	Não	
41	Art. 96	Revestimento e pintura de fachadas	Não	
42	Art. 97	Edificações em alinhamento - saliências em fachadas	Sim	3
43	Art. 98	Ocupação de faixas de recuo mínimo de frente por projeção de marquises	Sim	2
44	Art. 103	Circulação e acesso de pessoas e veículos - residência multifamiliar - LUOS	Não	
45	Art. 103	Compartimento para uso de encarregados por serviços diversos - residência multifamiliar	Sim	2
46	Art. 103	Área de recreação - residência multifamiliar	Sim	2
47	Art. 103	Acesso p/ cadeirantes - residência multifamiliar	Não	
48	Art. 141	Passagem de pedestres x passagem de veículos	Sim	2
49	Art. 141	Acesso veículos - distância rua	Não	
50	Art. 141	Acesso de veículos - largura mínima	Não	
51	Art. 195	Acesso de veículos à calçada	Sim	2
52	Art. 196	Obstrução de drenagem urbana	Não	

Número	Referência	Descrição	Passível de automatização?	Classe
53	Art. 245	Arborização em lotes	Sim	1
54	Art. 252; Art. 253; Art. 254	Plano de arborização em parcelamento de lotes	Não	
55	Art. 268	Ligação de água e esgoto da edificação - Projeto hidrossanitário	Não	
56	Art. 285	Harmonização paisagística - Conceito abstrato	Não	
57	Art. 286	Movimentação de terra	Não	
58	Art. 287	Movimentação de terra - projeto de contenção	Não	

APÊNDICE D – PLANILHAS DE IDENTIFICAÇÃO

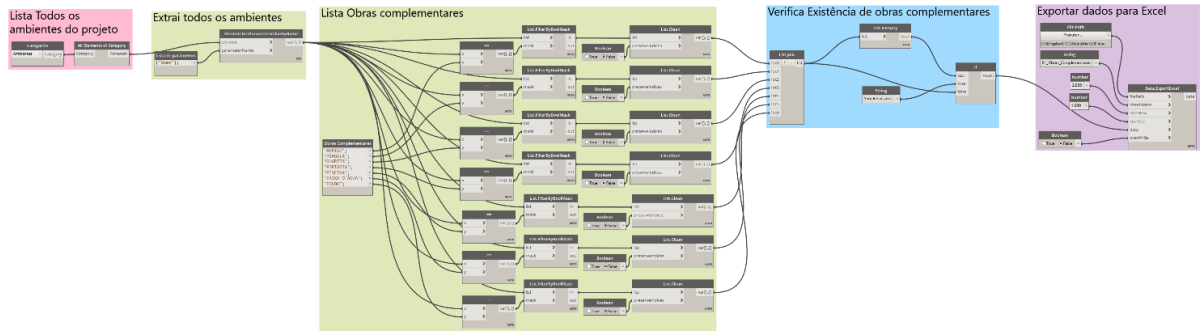
CLASSE 1					
Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
1.1	Área mínima	Anexo I - Tabela A, B e C	Área do ambiente \geq Área mínima	Ambientes - Dimensões mínimas	Área mínima; Área ambiente
Descrição Confere se área de cada ambiente corresponde ao mínimo necessário					
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme/ Não conforme	-
Valor	Modelo	Área do ambiente	Identificação da área do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Área mínima por ambiente	Verificação de conformidade de área		
Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
1.2	Obras Complementares	Art. 24; Art. 32	Obra complementar existe?	Ambientes	Nome do ambiente/elemento
Descrição Identifica obras complementares					
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Não Existência/ ou:	-
Valor	Código LPV (COP)	Nomes Obras complementares	Verificação de existência de obras complementares	Lista das obras complementares existentes	

CLASSE 2					
Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
2.1	Iluminação mínima	Anexo I - Tabela A, B e C	Área Iluminação do ambiente \geq Área Iluminação mínima	Ambientes - Dimensões mínimas	Iluminação mínima; Iluminação do ambiente
Descrição Conferir se área de iluminação cada ambiente corresponde ao mínimo necessário					
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme / Não conforme	-
Valor	Modelo	Área do ambiente	Identificação da área do ambiente		
Valor	Modelo	Área dos compartimentos de iluminação	Cálculo de Área de Iluminação do Ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Fração de iluminação mínima por ambiente	Cálculo de Área de Iluminação mínima		
Valor	Código LPV	Área de Iluminação mínima	Verificação de conformidade de área		
Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
2.2	Ventilação mínima	Anexo I - Tabela A, B e C	Área Ventilação do ambiente \geq Área Ventilação mínima	Ambientes - Dimensões mínimas	Ventilação mínima; Ventilação do ambiente
Descrição Conferir se área de ventilação de cada ambiente corresponde ao mínimo necessário					
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme / Não conforme	-
Valor	Modelo	Área do ambiente	Identificação da área do ambiente		
Valor	Modelo	Área dos compartimentos de ventilação	Cálculo de Área de Ventilação do Ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Fração de ventilação mínima por ambiente	Cálculo de Área de ventilação mínima		
Valor	Código LPV	Área de Ventilação mínima	Verificação de conformidade de área		

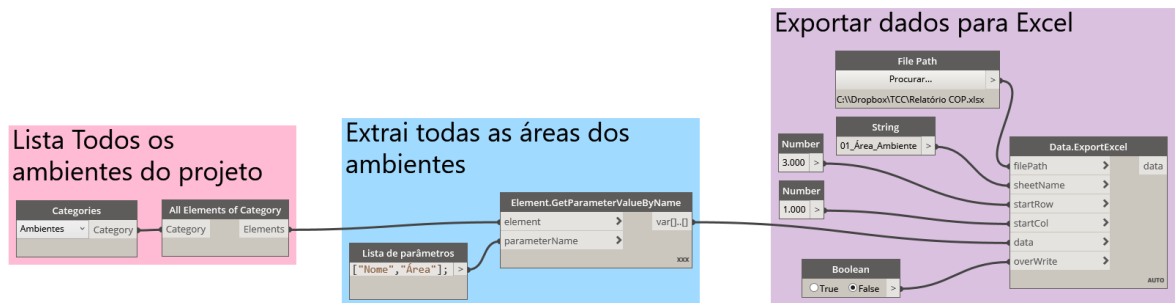
CLASSE 3					
Número	Nome	Referências	Critérios	Categoria	Parâmetros
3.1	Círculo Inscrito Mínimo	Anexo I - Tabela A, B e C	Diâmetro inscrito no ambiente \geq Diâmetro mínimo	Ambientes - Dimensões mínimas	Diâmetro inscrito no ambiente; Diâmetro mínimo
Descrição Conferência se o diâmetro inscrito em cada ambiente corresponde ao mínimo necessário					
Entradas		Processos		Saídas	
Tipo	Fonte	Entrada	Etapas	Resultado	Unidade
Categoria	Modelo	Nome do ambiente	Identificação do ambiente	Conforme/ Não conforme	-
Valor	Modelo	Limites do ambiente	Identificação dos limites do ambiente		
Valor	Modelo	Precisão de refino	Criação de geometrias dentro do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Círculo máximo do ambiente	Cálculo do diâmetro do ambiente		
Valor	Código LPV (COP)	Diâmetro por ambiente	Verificação de conformidade		

APÊNDICE E – ROTINAS DYNAMO

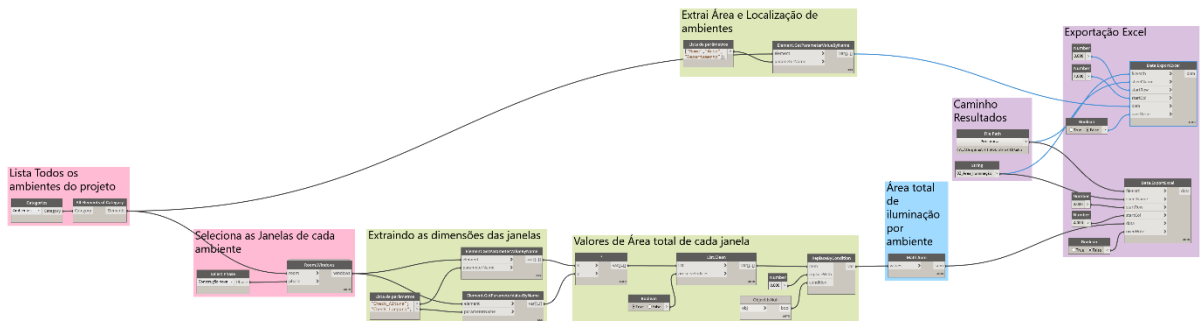
01_Obras_Complementares



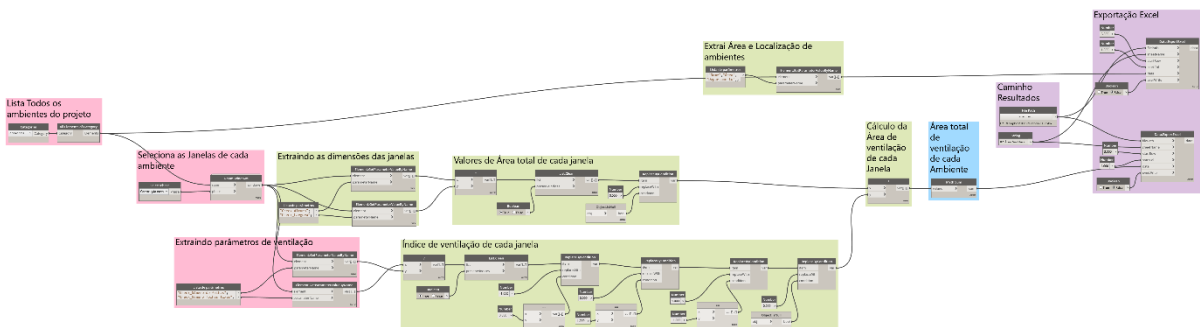
01_Área_Ambiente



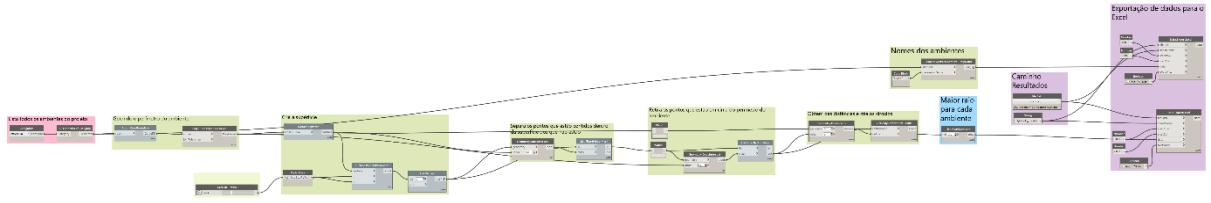
02_Iluminação



02_Ventilação



03_Círculo_interno



APÊNDICE F – VERIFICAÇÃO MANUAL E AUTOMÁTICA

Relatório de checagem manual do Código de Obras e Posturas de Crateús - CE

OBRAS COMPLEMENTARES					
Índice	Descrição	Projeto		Critério	Checagem
Art. 24; Art. 32	Identificação de Obras complementares - verificação não classificatória	Abrigo (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Pérgula (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Guarita/portaria (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Piscina (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Caixa D'água (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Passagem coberta (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Pequeno telheiro (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente
		Toldo (quantidade)	0,00	Obra complementar existe?	✔ Não existente

AMBIENTES - DIMENSÕES MÍNIMAS					
Índice	Descrição	Projeto		Critério	Checagem
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Círculo inscrito no ambiente	Ambiente	Diâmetro interno mínimo	Dam ≥ Dmín,am	
	Sala de estar	Sala/Estar	3,20	2,50	✔ Aprovado
	Sala de refeições	Sala/Jantar	3,20	2,00	✔ Aprovado
	Cozinha	Cozinha	3,52	1,80	✔ Aprovado
	1º Quarto	Dormitório 1	3,52	2,00	✔ Aprovado
	2º Quarto	Dormitório 2	3,52	2,00	✔ Aprovado
	3º Quarto	Suíte	3,20	2,00	✔ Aprovado
	Banheiro 1	WC 1	1,30	1,00	✔ Aprovado
	Banheiro 2	WC 2	1,30	1,00	✔ Aprovado
	Lavanderia	Área/Serviço	2,98	1,50	✔ Aprovado
	Depósito	Depósito	1,30	1,00	✔ Aprovado
	Garagem	Garagem	3,20	2,20	✔ Aprovado
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Área do ambiente	Ambiente	Área (m²)	Aam ≥ Amín,am	
	Sala de estar	Sala/Estar	15,29	10,00	✔ Aprovado
	Sala de refeições	Sala/Jantar	10,44	6,00	✔ Aprovado
	Cozinha	Cozinha	17,67	5,00	✔ Aprovado
	1º Quarto	Dormitório 1	14,06	8,00	✔ Aprovado
	2º Quarto	Dormitório 2	12,31	8,00	✔ Aprovado
	3º Quarto	Suíte	11,20	5,00	✔ Aprovado
	Banheiro 1	WC 1	3,24	1,50	✔ Aprovado
	Banheiro 2	WC 2	3,24	1,50	✔ Aprovado
	Lavanderia	Área/Serviço	14,05	2,50	✔ Aprovado
	Depósito	Depósito	2,71	1,50	✔ Aprovado
	Garagem	Garagem	13,17	9,00	✔ Aprovado

Anexo I - Tabela A, B, C e D	Iluminação do ambiente	Ambiente	Área (m²)	Iam ≥ Imín,am	
	Sala de estar	Sala/Estar	1,14	2,55	✘ Reprovado
	Sala de refeições	Sala/Jantar	0,00	1,74	✘ Reprovado
	Cozinha	Cozinha	1,20	2,95	✘ Reprovado
	1º Quarto	Dormitório 1	1,20	2,34	✘ Reprovado
	2º Quarto	Dormitório 2	1,20	2,05	✘ Reprovado
	3º Quarto	Suíte	1,20	1,87	✘ Reprovado
	Banheiro 1	WC 1	0,30	0,41	✘ Reprovado
	Banheiro 2	WC 2	0,30	0,41	✘ Reprovado
	Lavanderia	Área/Serviço	Externa	2,34	✔ Aprovado
	Depósito	Depósito	Não se aplica	Não se aplica	✔ Aprovado
Garagem	Garagem	Externa	1,10	✔ Aprovado	
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Ventilação do Ambiente	Ambiente	Área (m²)	Vam ≥ Vmín,amb	
	Sala de estar	Sala/Estar	0,00	1,27	✘ Reprovado
	Sala de refeições	Sala/Jantar	0,00	0,87	✘ Reprovado
	Cozinha	Cozinha	0,60	1,47	✘ Reprovado
	1º Quarto	Dormitório 1	0,60	1,17	✘ Reprovado
	2º Quarto	Dormitório 2	0,60	1,03	✘ Reprovado
	3º Quarto	Suíte	0,60	0,93	✘ Reprovado
	Banheiro 1	WC 1	0,30	0,20	✔ Aprovado
	Banheiro 2	WC 2	0,30	0,20	✔ Aprovado
	Lavanderia	Área/Serviço	Externa	1,17	✔ Aprovado
	Depósito	Depósito	Não se aplica	Não se aplica	✔ Aprovado
Garagem	Garagem	Externa	0,55	✔ Aprovado	
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Observações aplicáveis	Ambiente	Aplicáveis	Pendências	
	Sala de estar	Sala/Estar	Não se aplica	Não se aplica	✔ Aprovado
	Sala de refeições	Sala/Jantar	Não se aplica	Não se aplica	✔ Aprovado
	Cozinha	Cozinha	1	Não se aplica	✔ Aprovado
	1º Quarto	Dormitório 1	1	Não se aplica	✔ Aprovado
	2º Quarto	Dormitório 2	1	Não se aplica	✔ Aprovado
	3º Quarto	Suíte	1	Não se aplica	✔ Aprovado
	Banheiro 1	WC 1	1, 2, 3	Não se aplica	✔ Aprovado
	Banheiro 2	WC 2	1, 2, 3	Não se aplica	✔ Aprovado
	Lavanderia	Área/Serviço	1, 2	Não se aplica	✔ Aprovado
	Depósito	Depósito	1, 2, 4	Não se aplica	✔ Aprovado
Garagem	Garagem	7	Não se aplica	✔ Aprovado	

Observações	
Índice	Descrição
1	Tolerada iluminação e ventilação zenital;
2	Nos edifícios, são tolerados chaminés de ventilação e dutos horizontais;
3	Não poderá comunicar-se diretamente com a cozinha e sala de refeições;
4	Ficam dispensados destas exigências depósitos que apresentarem uma das dimensões inferior a 1,00 m;
6	Para corredores com mais de 10,00m de comprimento é obrigatória a ventilação natural e direta;
7	Poderá ser computada como área de ventilação a área da porta, quando exigir-se a área mínima de ventilação em venezianas;

OBRAS COMPLEMENTARES		
Índice	Projeto	
Art. 24; Art. 32		Não foram identificadas Obras Complementares

ÁREA DOS AMBIENTES - DIMENSÕES MÍNIMAS					
Índice	Projeto		Critério	Checagem	
	Ambiente	Área (m ²)	A _{am} ≥ A _{mín,am}		
Anexo I - Tabela A, B, C e D	DORMITÓRIO 1	14,08	8,00	✓	Aprovado
	WC. 1	3,25	1,50	✓	Aprovado
	DORMITÓRIO 2	12,32	8,00	✓	Aprovado
	SUÍTE	11,20	8,00	✓	Aprovado
	COZINHA	17,67	5,00	✓	Aprovado
	WC. 2	3,25	1,50	✓	Aprovado
	DEPÓSITO	2,73	1,50	✓	Aprovado
	GARAGEM	13,18	9,00	✓	Aprovado
	SALA/JANTAR	10,42	6,00	✓	Aprovado
	SALA/ESTAR	15,55	10,00	✓	Aprovado
	Á/SOLAR	6,91	0,00	✓	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	14,07	2,50	✓	Aprovado
	GARAGEM	12,75	9,00	✓	Aprovado

ÁREA DE ILUMINAÇÃO - DIMENSÕES MÍNIMAS							
Índice	Projeto				Critério	Checagem	
	Ambiente	Área Ambiente (m ²)	Localização	Área Iluminação (m ²)	I _{am} ≥ I _{mín,am}		
Anexo I - Tabela A, B, C e D	DORMITÓRIO 1	14,08	Interno	1,20	2,35	✗	Reprovado
	WC. 1	3,25	Interno	0,30	0,41	✗	Reprovado
	DORMITÓRIO 2	12,32	Interno	1,20	2,05	✗	Reprovado
	SUÍTE	11,20	Interno	1,20	1,87	✗	Reprovado
	COZINHA	17,67	Interno	1,20	2,95	✗	Reprovado
	WC. 2	3,25	Interno	0,30	0,41	✗	Reprovado
	DEPÓSITO	2,73	Interno	0,00	0,00	✓	Aprovado
	GARAGEM	13,18	Externo	1,14	1,10	✓	Aprovado
	SALA/JANTAR	10,42	Interno	0,00	1,74	✗	Reprovado
	SALA/ESTAR	15,55	Interno	1,14	2,59	✗	Reprovado
	Á/SOLAR	6,91	Interno	1,20	1,15	✓	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	14,07	Externo	1,50	1,76	✓	Aprovado
	GARAGEM	12,75	Externo	0,00	1,06	✓	Aprovado

ÁREA DE VENTILAÇÃO - DIMENSÕES MÍNIMAS							
Índice	Projeto			Critério	Checagem		
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Ambiente	Área Ambiente (m ²)	Localização	Área Ventilação (m ²)	V _{am} ≥ V _{mín,amb}		
	DORMITÓRIO 1	14,08	Interno	0,60	1,17	✘	Reprovado
	WC. 1	3,25	Interno	0,30	0,20	✔	Aprovado
	DORMITÓRIO 2	12,32	Interno	0,60	1,03	✘	Reprovado
	SUÍTE	11,20	Interno	0,60	0,93	✘	Reprovado
	COZINHA	17,67	Interno	0,60	1,47	✘	Reprovado
	WC. 2	3,25	Interno	0,30	0,20	✔	Aprovado
	DEPÓSITO	2,73	Interno	0,00	0,00	✔	Aprovado
	GARAGEM	13,18	Externo	0,00	0,55	✔	Aprovado
	SALA/JANTAR	10,42	Interno	0,00	0,87	✘	Reprovado
	SALA/ESTAR	15,55	Interno	0,00	1,30	✘	Reprovado
	Á/SOLAR	6,91	Interno	0,60	0,58	✔	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	14,07	Externo	0,90	0,88	✔	Aprovado
GARAGEM	12,75	Externo	0,00	0,53	✔	Aprovado	

CÍRCULO INSCRITO MÍNIMO						
Índice	Projeto			Critério	Checagem	
Anexo I - Tabela A, B, C e D	Ambiente	Raio Máximo (m)	Diâmetro Máximo (m)	D _{am} ≥ D _{mín,am}		
	DORMITÓRIO 1	1,77	3,54	2,00	✔	Aprovado
	WC. 1	0,66	1,32	1,00	✔	Aprovado
	DORMITÓRIO 2	1,76	3,52	2,00	✔	Aprovado
	SUÍTE	1,61	3,22	2,00	✔	Aprovado
	COZINHA	1,77	3,54	1,80	✔	Aprovado
	WC. 2	0,66	1,32	1,00	✔	Aprovado
	DEPÓSITO	0,66	1,32	1,00	✔	Aprovado
	GARAGEM	1,61	3,22	2,20	✔	Aprovado
	SALA/JANTAR	1,55	3,11	2,00	✔	Aprovado
	SALA/ESTAR	1,60	3,20	2,50	✔	Aprovado
	Á/SOLAR	0,73	1,47	0,00	✔	Aprovado
	ÁREA/SERVIÇO	1,50	2,99	1,50	✔	Aprovado
GARAGEM	1,64	3,27	2,20	✔	Aprovado	