



UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CAMPUS DE CRATEÚS
CURSO DE ENGENHARIA CIVIL

RAFAELLY BESERRA ALVES

**CHECAGEM AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM UTILIZANDO
PROGRAMAÇÃO VISUAL: UM ESTUDO DA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DOS
SOLOS DE CRATEÚS-CE**

CRATEÚS
2022

RAFAELLY BESERRA ALVES

CHECAGEM AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO VISUAL: UM ESTUDO DA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS 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)

A482c Alves, Rafaelly Beserra.
Checagem automática de projetos em BIM utilizando programação visual: um estudo da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús-CE / Rafaelly Beserra Alves. – 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. Code checking. 3. Dynamo. I. Título.

CDD 620

RAFAELLY BESERRA ALVES

CHECAGEM AUTOMÁTICA DE PROJETOS EM BIM UTILIZANDO PROGRAMAÇÃO VISUAL: UM ESTUDO DA LEI DE USO E OCUPAÇÃO DOS SOLOS 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), Campus Crateús

Prof. Me. Tatiane Lima Batista
Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus Crateús

Eng. Francisco Alverne Albuquerque Paiva Junior
Aval Engenharia

À Deus.

Aos meus pais, Antonio e Edilene.

AGRADECIMENTOS

À Deus por todos os caminhos em que me guiou para chegar até aqui e todas as bênçãos recebidas.

Aos meus pais, Antonio e Edilene, que nunca mediram esforços por mim, que são a minha maior fonte de inspiração e a quem eu devo tudo que conquistei. Ao meu irmão, Rafael, por todo o companheirismo. À Luana, pela amizade em todos esses anos e por ter trazido ao mundo o nosso motivo de alegria diário, a Layla.

À toda minha família por sempre confiar no meu potencial.

Ao Prof. Me. Luis Felipe Cândido, meu orientador, que é uma grande inspiração pessoal e profissionalmente, obrigada por toda a dedicação e ter me inserido nessa jornada da checagem automática.

A minha parceira Stelamaris, eu não faço ideia de como teria sido minha vida acadêmica sem você, que bom foi ter te encontrado logo na primeira semana, obrigada por tudo, você me inspira a ser sempre melhor. A todos os amigos que contribuíram na minha formação tanto profissional, como pessoal.

A todos os professores e colaboradores dessa instituição, UFC, que tenho orgulho de fazer parte.

A todos os ombros que me apoiei pra chegar até aqui, direta e indiretamente.

“Se cheguei até aqui foi porque me apoiei no ombro dos gigantes.”

Isaac Newton

RESUMO

O BIM (*Bulding Information Modeling* ou modelagem da informação na construção) tem sido um importante meio de melhoria da qualidade e produtividade no setor da construção civil. Dentre os seus benefícios, é de interesse desse trabalho a possibilidade de automatizar rotinas de trabalho, como a checagem de projetos, necessárias à concessão de alvará de construção, otimizando tempo e recursos valiosos às empresas e ao poder público. Entretanto, esta otimização requer leis objetivas, passíveis de serem traduzidas em linguagem de programação, o que não é trivial. Desta forma, buscou-se explorar a seguinte questão de pesquisa: como a linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM pode ser aplicada para a Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) de Crateús, CE? Logo, o presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade da linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM conforme a LUOS de Crateús, CE. Para tanto, desenvolveu-se uma pesquisa seguindo a metodologia *Design Science Research*. Como resultados, analisou-se o processo de aplicação da LUOS de Crateús, a partir da lei e de quatro entrevistas com profissionais atuantes na região, dentre eles a analista de projetos da prefeitura. Pôde-se perceber que a lei não é efetivamente aplicada, e que nem todos os itens para aprovação são verificados (ou exigidos em sua integralidade). Em seguida, verificou-se que critérios de aprovação de projetos residenciais da LUOS de Crateús podem ser checados automaticamente através de modelos BIM, donde se constatou o grande potencial de automatização da lei, sendo a maioria dos critérios de classe 2 em relação a sua complexidade de processamento, de um total de 4 classes. Com esta análise, desenvolveu-se um artefato para checagem automática de regras para a lei em causa, por meio da programação visual no Dynamo. O artefato ficou constituído de 6 rotinas capazes de checar os principais índices urbanísticos da LUOS de Crateús (índice de aproveitamento, taxa de ocupação, testada, recuos e gabarito), bem como algumas observações da lei. Verificou-se como a programação visual pode ser uma grande aliada para a personalização e otimização de rotinas de análise de projetos. Constatou-se que o nível de detalhamento foi o esperado para os projetos legais, sem a necessidade de uma extensa quantidade de informações. Por fim, a solução proposta de checagem automática da LUOS foi aplicável, posto que o artefato desenvolvido é uma instanciação em funcionamento. Além disso, não só é um artefato viável, uma vez que devolve as informações necessárias corretamente, mas necessário, visto que é uma forma de garantir a aplicação das regras igualmente para os indivíduos e assegurar o objetivo básico dessa legislação, que é o ordenamento urbano.

Palavras-chave: Verificação automática. *Code checking*. Dynamo.

ABSTRACT

BIM (Building Information Modeling) has been an important means of improving quality and productivity in the construction sector. Among its benefits, it's interest of this research the possibility of automating work routines, as checking projects necessary for the granting of construction permits, optimizing valuable time and resources for companies and public authorities. However, this optimization requires objective laws, which can be translated into a programming language, which is not trivial. In this way, we sought to explore the following research question: how can the visual programming language for automatic checking of BIM projects be applied to the Land Use and Occupation Law (LUOS) of Crateús, CE? Therefore, the present work aimed to analyze the applicability of the visual programming language for automatic checking of BIM projects according to LUOS of Crateús, CE. Therefore, the research was developed following the Design Science Research methodology. As a result, the application process of the LUOS of Crateús was analyzed, based on the law and four interviews with professionals working in the region, including the city hall project analyst. It could be seen that the law is not effectively applied, and that not all items for approval are verified (or required in their entirety). Next, it was verified that approval criteria for residential projects by LUOS of Crateús can be automatically checked through BIM models, where the great potential for automating the law was verified, with most of the criteria class 2 in relation to their processing complexity, out of a total of 4 classes. With this analysis, an artifact was developed for automatic checking of rules for the law in question, through visual programming in Dynamo. The artifact consisted of 6 routines capable of checking the main urban indexes of LUOS de Crateús (use index, occupancy rate, tested, setbacks and template), as well as some observations of the law. It was verified how visual programming can be a great ally for the customization and optimization of project analysis routines. It was found that the level of detail was expected for legal projects, without the need for an extensive amount of information. Finally, the proposed LUOS automatic checking solution was applicable, since the developed artifact is a working instantiation. In addition, it is not only a viable artifact, since it correctly returns the necessary information, but it is necessary, since it is a way of guaranteeing the application of rules equally to individuals and ensuring the basic objective of this legislation, which is urban planning.

Keywords: Automatic verification. Code checking. Dynamo.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Campos BIM.....	18
Figura 2 – Etapas do processo de verificação automática.....	22
Figura 3 – Diferentes usos para a verificação automática de regras.....	23
Figura 4 – Estrutura da programação visual do Dynamo	25
Figura 5 - Condução de uma DSR.....	28
Figura 6 - Requisitos nas etapas de uma DSR.....	29
Figura 8 – Fluxograma do processo de emissão de alvará de construção.....	34
Figura 9 – Recorte dos parâmetros de ocupação	41
Figura 10 – Figura C do Anexo III da LUOS.....	42
Figura 11 – Planta baixa do projeto usado para avaliação	43
Figura 12 – Parâmetros de localização e uso na modelagem do projeto	44
Figura 13 – Informações na rotina.....	45
Figura 14 – Visão geral da rotina 2.....	46
Figura 15 – Detalhe rotina 2.....	47
Figura 16 – Demonstração do uso dos grids para delimitação do terreno	47
Figura 17 – Banco de dados	48
Figura 18 – Recorte do relatório de checagem.....	49
Figura 19 – Recorte do relatório de checagem sobre obras complementares	49
Figura 20 – Recorte do relatório de checagem sobre a observação 6.....	50

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Benefícios BIM	20
Quadro 2 - Enquadramento metodológico da pesquisa	27
Quadro 3 - Diretrizes para elaboração de uma DSR.....	27
Quadro 4 – Caracterização dos entrevistados.....	30
Quadro 5 - Tipos de artefatos	31
Quadro 6 - Atividades desenvolvidas e resultados esperados	33
Quadro 7 - Documentação para submissão de alvará de construção.....	34
Quadro 8 - Itens da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús-CE	35
Quadro 9 - Zoneamento da LUOS de Crateús com seus respectivos usos e requisitos urbanísticos.....	36
Quadro 10 – Fala dos entrevistados em relação a atualização da lei	37
Quadro 11 - Fala dos entrevistados em relação aos recuos.....	37
Quadro 12 - Fala dos entrevistados em relação a aplicação da LUOS	38
Quadro 13 – Critérios selecionados da LUOS	39
Quadro 14 – Lista de rotinas produzidas.....	44

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABRAIN	Associação Brasileira De Incorporadoras Imobiliárias
AEC	Arquitetura, Engenharia e Construção
API	<i>Application Programming Interface</i>
BCI	Boletim de Cadastro Imobiliário
BIM	<i>Building Information Modeling</i>
CBIC	Câmara Brasileira da Indústria da Construção
CND	Certidão Negativa de Débitos
COP	Código de Obras e Posturas
DSR	<i>Design Science Research</i>
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
ICC	Indústria da Construção Civil
IFC	<i>Industry Foundation Classes</i>
ISS	Imposto Sobre Serviços
LOD	<i>Level of Development</i>
LUOS	Lei de Uso e Ocupação dos Solos
MBC	Movimento Brasil Competitivo
Secitece	Secretaria da Ciência e Tecnologia e Educação Superior
Sedet	Secretaria do Desenvolvimento Econômico e Trabalho
SMC	Solibri Model Checker
TEU	Tributo Especial Unificado
TIC	Tecnologias da Informação e Comunicação
VPL	<i>Visual Programming Language</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
1.1	Contextualização	12
1.2	Problema de pesquisa	13
1.3	Objetivos	14
1.3.1	<i>Objetivo geral</i>	14
1.3.2	<i>Objetivos específicos</i>	14
1.4	Justificativa.....	14
1.5	Delimitação da pesquisa	16
1.6	Estrutura do trabalho.....	16
2	REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1	BIM	18
2.2	Verificação automática de regras com BIM	21
2.2.1	<i>Classificação de regras de Solihin & Eastman</i>	25
3	MÉTODO DE PESQUISA.....	27
3.1	Enquadramento metodológico	27
3.2	Delineamento da Pesquisa	27
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	34
4.1	Aplicação da Lei de Uso e Ocupação de Crateús	34
4.2	Apresentação do artefato desenvolvido	39
4.2.1	<i>Condicionantes da Lei de Uso e Ocupação dos Solos</i>	39
4.2.2	<i>Implementação e teste</i>	43
5	CONCLUSÃO	51
	REFERÊNCIAS.....	53
	APÊNDICE A - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS EM CIDADES DE PEQUENO PORTE (ANALISTA DE PROJETOS)....	56
	APÊNDICE B - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS EM CIDADES DE PEQUENO PORTE (PROJETISTAS).....	59
	APÊNDICE C - CATEGORIAS DE USO DAS EDIFICAÇÕES	63
	APÊNDICE D - TRADUÇÃO DOS CRITÉRIOS EM ALGORITMOS PARA A CRIAÇÃO DAS ROTINAS.....	64
	APÊNDICE E – RELATÓRIO DE CHECAGEM PROPOSTO	72

1 INTRODUÇÃO

1.1 Contextualização

Um estudo da Câmara Brasileira da Indústria da Construção (CBIC) em parceria com a Associação Brasileira de Incorporadoras Imobiliárias (ABRAINC) e o Movimento Brasil Competitivo (MBC) de 2014 evidenciou a necessidade dentro da construção civil da informatização dos processos, com melhora na análise e aprovação dos projetos, além da revisão das legislações vigentes. Além disso, evidenciou que a burocracia pode aumentar em até 12% o custo do imóvel, influenciando também no prazo do empreendimento.

Ainda segundo CBIC, ABRAINC e MBC (2014), entre as causas-raiz do problema abordado nos processos de licenciamento e aprovação nas prefeituras são a falta de qualificação do corpo técnico dos municípios e a ausência de estímulos para análises mais rápidas dos projetos. Hoje, dispõe-se de ferramentas que podem auxiliar esse processo, contudo, é necessária ação tanto das construtoras, como da administração municipal.

A Indústria da Construção Civil apresenta baixo desempenho tecnológico (MELLO; AMORIM, 2009). E dentro do contexto de indústria 4.0, o setor da Construção Civil no Brasil ainda está se encaminhando para a industrialização (SILVA JUNIOR; SANTOS; SANTOS, 2020), tendo como principal meio de inserção nesse cenário o *Building Information Modeling* (BIM) (SILVA JUNIOR; SANTOS; SANTOS, 2020).

O BIM, segundo Eastman *et al.* (2014), é a modelagem virtual da construção em todo o seu ciclo de vida, contendo a geometria exata da edificação e as informações relevantes para a construção. Envolve um conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem entre si para gerenciar o processo de projetar uma edificação, gerenciar as suas informações e dados, utilizando plataformas digitais, através de todo ciclo de vida (SUCCAR, 2009).

Durante a fase de construção do edifício, inúmeras alterações são realizadas no projeto, devido aos erros e ausência de informações, novos requisitos dos clientes ou variação na disponibilidade dos materiais (EASTMAN *et al.*, 2014). Desse modo, a modelagem BIM vem trazendo mudanças positivas desde a concepção do projeto. Cita-se, por exemplo, a redução das discrepâncias entre cortes e planta, uma vez que softwares BIM geram automaticamente o modelo 3D e todas as vistas e cortes necessários, e as modificações são feitas instantaneamente em todas as vistas. Somado a isso, a modelagem de uma construção antecipa os processos e possíveis problemas que venham a ocorrer durante a construção do empreendimento (EASTMAN *et al.*, 2014).

Ainda, o advento do BIM possibilitou a perspectiva da checagem automática de projetos (EASTMAN *et al.*, 2009), que não é a modificação da modelagem, mas o acesso aos objetos, suas configurações e parâmetros para aplicar regras ou condições, que geraram resultados como “aprovado”, “reprovado”, “aviso” ou “desconhecido” (EASTMAN *et al.*, 2009).

De acordo com Solihin e Eastman (2015), a verificação de regras abrange um amplo escopo na Indústria da Arquitetura, Engenharia e Construção (AEC), por conta do BIM ser usado como base de dados para subsidiar todas as etapas do ciclo de vida de uma edificação, dentre as possibilidades de verificações temos:

- a) critérios de modelagem bem-feita;
- b) códigos e regulamentações;
- c) requisitos específicos dos clientes;
- d) construtibilidade em geral, critérios da construção, como formas e escoramento;
- e) segurança;
- f) pós construção e aprovação de garantias;
- g) manutenção e gestão das instalações.

Diante disso, segundo Solihin e Eastman (2015), não é prático que os modelos BIM sejam analisados apenas visualmente se atendem aos requisitos, uma vez que são necessárias informações que não estão presentes apenas nos desenhos. Neste sentido, já existem diversas iniciativas a nível mundial em relação ao uso de conformidade automatizadas de projetos a nível governamental, como exemplo: *E-Plan Check System* e *BIM E-Submission* em Singapura; *ByggSøk System* na Noruega; *DesignCheck* na Austrália e o *SmartCodes* e *General Services Administration* (GSA) nos Estados Unidos (REINHARDT; MATHEWS, 2017).

Alguns dos principais benefícios já observados nesses programas são melhor tempo de resposta, qualidade, produtividade e fornecimento de feedbacks aos arquitetos, engenheiros e clientes (REINHARDT; MATHEWS, 2017). Todavia, no Brasil, os investimentos nessa área ainda são pontuais (BARBOSA, 2019), o que se constitui em oportunidades para pesquisa, conforme explorado neste trabalho.

1.2 Problema de pesquisa

Face ao exposto, o problema de pesquisa desse trabalho tem como base o uso das Tecnologias da Informação e Comunicação (TICs) no auxílio da confecção de projetos de qualidade, sem imprecisões e conflitos, haja vista que o potencial de uso das TICs não é

usufruído ao máximo no âmbito de verificação dos critérios da legislação, possibilitando diminuir essas atividades repetitivas, que não agregam valor. Além disso, a checagem automática pode aumentar a assertividade e rapidez da verificação de projetos realizada pelos projetistas e pela prefeitura. Assim, tem-se como questão de pesquisa: como a linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM pode ser aplicada para a Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) 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 a Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) de Crateús, CE.

1.3.2 Objetivos específicos

Especificamente, pretende-se:

- a) analisar como ocorre o processo de aplicação da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús;
- b) verificar que critérios de aprovação de projetos residenciais da Lei de Uso e Ocupação de Crateús podem ser checados automaticamente através de modelos BIM.
- c) desenvolver um artefato para checagem automática de regras para a Lei de Uso e Ocupação de Crateús;
- d) verificar a aplicabilidade do artefato para checagem automática de regras para a Lei de Uso e Ocupação de Crateús;

1.4 Justificativa

O início dessa pesquisa tem como fundamentação o Programa de Cluster Econômicos de Inovação e Corredores de Inovação, ação conjunta das Secretarias do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (Sedet), da Ciência e Tecnologia e Educação Superior (Secitece) que selecionou os principais problemas da Construção Civil nos Sertões de Crateús,

sendo eles: o alto impacto ambiental da indústria da construção e projetos de engenharia com falhas, imprecisões e conflitos.

Mediante o problema existente na região sobre projetos de engenharia com falhas, imprecisões e conflitos, este trabalho contribui de maneira prática para a sociedade, através do desenvolvimento de um artefato para checagem automática de regras da LUOS de Crateús, CE, em busca de melhorar a qualidade dos projetos.

As regras e os regulamentos, por muito tempo, foram escritos e aplicados por pessoas, portanto, são incompletos ou contraditórios muitas vezes (EASTMAN *et al.*, 2009). Em virtude disso, quando os projetos são analisados, pessoas distintas podem ter diferentes interpretações, gerando um viés na aprovação que não deveria existir.

Além disso, ao automatizar a verificação das regras mais simples, os projetistas focarão nos critérios mais importantes ou que não são possíveis de automatizar, garantindo melhoria em outros aspectos, como segurança e sustentabilidade (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Nota-se, então, que a automatização de códigos de construção permite aumento na rapidez de checagem, equidade de aplicação das regras para diferentes indivíduos, diminuição de retrabalhos, características que vão em consonância com Eastman *et al.*, (2009) que já afirmavam o potencial de economizar tempo e custos com a automatização de processos.

O trabalho de Castro (2021) buscou avaliar a maturidade BIM na microrregião dos Sertões de Crateús, local do objeto de estudo desse trabalho, e observou-se que o poder público municipal não impulsiona, nem utiliza o BIM, embora seus representantes participantes da pesquisa acreditem que ele poderia ser um instrumento para facilitar a aprovação de projetos, assim como acelerar os projetos dentro das prefeituras. Isto posto, percebe-se que já se tem conhecimento do elevado potencial de aplicação do BIM e da checagem automática, no entanto, é preciso estímulos para impulsionar seu uso efetivo.

Nesse contexto, o trabalho propõe que a automatização seja feita com Dynamo, uma vez que conforme Kehl e Isatto (2015) o software utilizado deve ser facilmente modificado, sem a necessidade de recorrer ao desenvolvedor para a geração e edição de regras mais recentes. Desse modo, o Dynamo, software que utiliza Linguagem de Programação Visual (VPL, do inglês *Visual Programming Language*), se mostrou uma ferramenta interessante, uma vez que usa uma programação mais acessível para engenheiros e garante uma ampla liberdade na formação das regras.

Além disso, o Dynamo é uma ferramenta nativa do Revit, software mais conhecido e líder de mercado para projetos de arquitetura em BIM (EASTMAN *et al.*, 2014), assim,

projetistas que usam esse software para modelagem não precisam obter outra licença. Enquanto o uso de softwares de checagem já existentes, como o Solibri Model Checker (SMC), único aplicativo comercial disponível (FRANÇA, 2018), fica-se restrito as regras existentes e ainda possui o custo de uso.

Para finalizar, expõe-se as razões para escolha da LUOS, que é a lei que institui os usos liberados para determinada área e regula a ocupação do solo, ou seja, o modo de povoamento do território. Tal lei busca garantir não só que as habitações possuam requisitos mínimos de habitabilidade, como insolação, iluminação e ventilação, mas também fazer o controle do equilíbrio da densidade urbana (SILVA, 2010).

A escolha da LUOS para automatização nesse trabalho foi realizada por ela ser um dos regulamentos indispensáveis para emissão do licenciamento de construção, além de ser um instrumento importante para a gestão territorial. Ressalta-se que os objetivos da gestão territorial são garantir condições de habitabilidade, conservar patrimônio cultural e o meio ambiente, otimizar os serviços de infraestrutura urbana, propiciando, desse modo, crescimento urbano racional (CRATEÚS, 1997).

Logo, embora de alta relevância, as LUOS, em geral, são de difícil entendimento e fiscalização, devido ao grande nível de detalhe, deixando as cidades em situação irregular e colocando na ilegalidade grande parte das edificações (VAZ, 1996). Por isso, esse trabalho visa facilitar o trabalho de fiscalização, a fim de que essa lei seja realmente aplicada e contribuindo, desta forma, para o adequado ordenamento urbano.

1.5 Delimitação da pesquisa

O trabalho se limitará ao uso dos softwares da Autodesk, Revit e Dynamo. Além disso, se restringirá à Lei de Uso de Ocupação dos Solos de Crateús-CE para projetos residenciais, não abrangendo os demais regulamentos necessários a aprovação de um projeto na Prefeitura.

1.6 Estrutura do trabalho

A estrutura do trabalho está organizada em cinco seções, sendo elas: a introdução que consta a justificativa, problema de pesquisa, objetivos gerais e específicos, delimitação da pesquisa e esta seção de estruturação do trabalho.

Na segunda seção é apresentado o referencial teórico, que fundamenta este estudo, enfatizando o conceito de BIM e suas aplicabilidades. Em seguida, apresentam-se os fundamentos para a checagem automática e a classificação das regras de acordo com suas complexidades de processamento.

Na seção três apresenta-se o método de pesquisa, que segue o delineamento da *Desing Science Research* (DSR). São apresentados os passos e os requisitos adotados para que a presente pesquisa seja realizada e tenha validade científica.

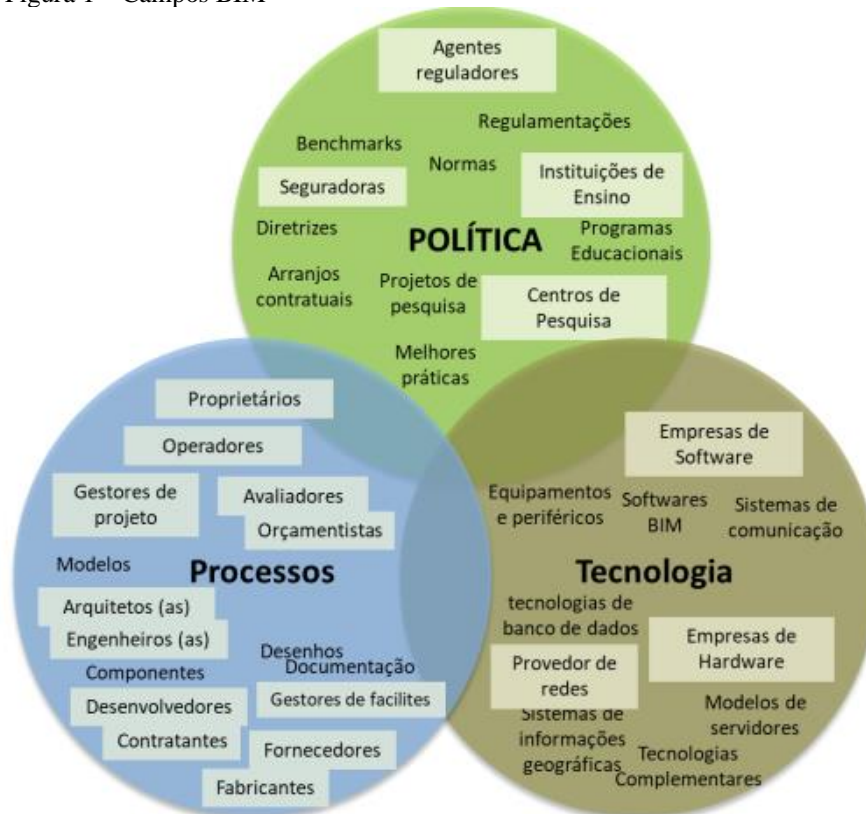
Na quarta seção apresentam-se os resultados e discussões, abordando a aplicação da LUOS e apresentação do artefato desenvolvido. Finalmente, tem-se a conclusão que sumariza os resultados obtidos em consonância com os objetivos pretendidos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 BIM

O conceito de *Building Information Modeling* (BIM) adotado na presente pesquisa fundamenta-se em Succar (2009). Para este autor, o BIM envolve um conjunto de políticas, processos e tecnologias que interagem entre si para gerenciar o processo de projetar uma edificação, suas informações e dados, utilizando plataformas digitais, através de todo ciclo de vida (SUCCAR, 2009). Estes três campos (políticas, processos e tecnologias) foram apresentados por Succar (2009) e permitem compreender seu significado, conforme o diagrama de Venn da Figura 1.

Figura 1 – Campos BIM



Fonte: Succar (2009, p. 361).

A tecnologia atua no desenvolvimento de softwares, hardwares e equipamentos para aumentar a eficiência e produtividade dos setores da Indústria da Construção Civil (ICC) (SUCCAR, 2009). Ainda de acordo com o autor, o campo processo engloba todas as pessoas envolvidas na propriedade, construção, entrega e operação dos edifícios e estruturas, a fim de adequar a execução dos trabalhos com a metodologia BIM. Por fim, o campo da política, compreende os órgãos que não geram nenhum produto de construção, mas auxiliam na tomada

de decisões, pesquisa e questões contratuais, de acordo com o autor. Com isso, percebe-se que o BIM impacta em toda a cadeia da construção civil, desde empresas de softwares BIM e agentes governamentais reguladores até nos responsáveis pela manutenção da edificação.

Um Modelo BIM pode ser compreendido como “uma representação digital multidimensional das características físicas e funcionais de uma edificação ou instalação” (CBIC, 2016a, p. 58). Usualmente, desenvolve-se modelos BIM para cada uma das disciplinas de projeto (arquitetura, estrutura, elétrica, entre outros), todavia, também é possível gerar modelos para planejamento, produção, operação e manutenção, seguindo um encadeamento lógico de criação de modelos, para que o trabalho realizado por um participante possa ser aproveitado por outro que atuará nas fases subsequentes (CBIC, 2016a).

A característica fundamental de um modelo BIM são seus objetos BIM, repositório de dados não só sobre a geometria 2D e 3D de um elemento, mas também informações adicionais, como materiais componentes, marcas, valores (CBIC, 2016a). Assim, os objetos BIM são chamados de paramétricos, quando se pode fazer variações nas suas dimensões e características das suas partes constituintes e, além disso, são chamados de inteligentes, quando tem relação com outros objetos e componentes de um modelo (CBIC, 2016a). Desse modo, aqueles modelos que somente possuem visualização 3D, sem informações contidas, não são BIM (EASTMAN *et al.*, 2014).

Estas características (paramétrico e inteligente) permitem realizar análises de um projeto automaticamente, devido às informações contidas nos objetos (SENA, 2019). Contudo, o excesso de informações pode gerar um problema chamado de escalabilidade, uma vez que quanto mais detalhado é o modelo, maior é o seu tamanho em memória, gerando arquivos grandes para o uso prático (EASTMAN *et al.*, 2014). Isso se dá tanto em função do tamanho da área construída, quanto pelo nível de detalhamento.

Desse modo, a depender da necessidade de uso do modelo este deve ser feito em diferentes níveis de detalhamento, sendo o LOD (do inglês, *Level of Development*) o parâmetro de referência para isto. Um projeto pode ser classificado em seis níveis quanto ao LOD, são eles: LOD 100 que requer uma representação gráfica aproximada; LOD 200 são representações genéricas de quantidades, formatos, localização e outros; LOD 300 requer uma representação gráfica precisa em termos de quantidade, formatos, localizações, entre outros; LOD 350 adiciona requisitos que interagem com outros sistemas de construção; LOD 400 contém informações mais detalhadas para fabricação, montagem e instalação e LOD 500 é uma representação como construído (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

No Brasil, o LOD do arquivo é dado em função das etapas de projeto. Assim, o LOD 0, 100, 200, 300, 350, 400 e 500 representariam, respectivamente, as etapas de concepção, estudo preliminar, anteprojeto, legal, básico, executivo e obra concluída (CATARINA, 2013).

Outro conceito importante dentro do BIM é a interoperabilidade, que é a capacidade da troca de informações em softwares com formatos (extensões) diferentes (CBIC, 2016b). Um exemplo disso é a interação entre plataformas com focos em diferentes disciplinas, cita-se como exemplo um modelo arquitetônico gerado dentro do software Revit (extensão .rvt), e um modelo estrutural gerado no Eberick (extensão .PRJ). Por isso, usa-se comumente um formato neutro, que irá permitir a interoperabilidade entre diferentes extensões de softwares, sendo o mais utilizado atualmente o *Industry Foundation Classes* (IFC) (CBIC, 2016b). A interoperabilidade elimina a necessidade de repetição de dados que já foram inseridos no projeto, facilitando os fluxos de trabalhos e o processamento das informações (EASTMAN *et al.*, 2014).

Esta nova forma de atuar em empreendimentos de construção, o BIM, traz vários benefícios ao longo do ciclo de vida do empreendimento, como destacaram Eastman *et al.* (2014) e reproduzidos no Quadro 1.

Quadro 1 – Benefícios BIM

Fase	Benefício
Pré-construção	Conceito, viabilidade e benefícios no projeto
	Aumento da qualidade e do desempenho da construção
Projeto	Visualização antecipada e mais precisa de um 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
Construção e fabricação	Sincronização de projeto e planejamento da construção
	Descoberta de erros de projeto e omissões antes da construção (detecção de interferências)
	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).

Percebe-se, então, que o BIM auxilia tanto no projeto, como na execução, impactando positivamente no custo e prazo das construções (EASTMAN *et al.*, 2014). No

entanto, para isso, é necessário que as colaborações entre arquitetos, engenheiros e empreiteiros ocorram mais cedo, uma vez que é necessário um maior envolvimento na fase de elaboração do projeto (EASTMAN *et al.*, 2014).

Neste sentido, conforme Eastman *et al.* (2014), a adoção do BIM em um empreendimento requer mais do que a aquisição de software, treinamento e *upgrade* de hardware, exige um entendimento profundo e um plano de implantação antes mesmo de o processo começar efetivamente.

Dentre os vários benefícios supracitados, este trabalho foca-se na automatização da extração de informações para a tomada de decisão, especificamente, a verificação automática de regras em BIM como se detalha na seção a seguir.

2.2 Verificação automática de regras com BIM

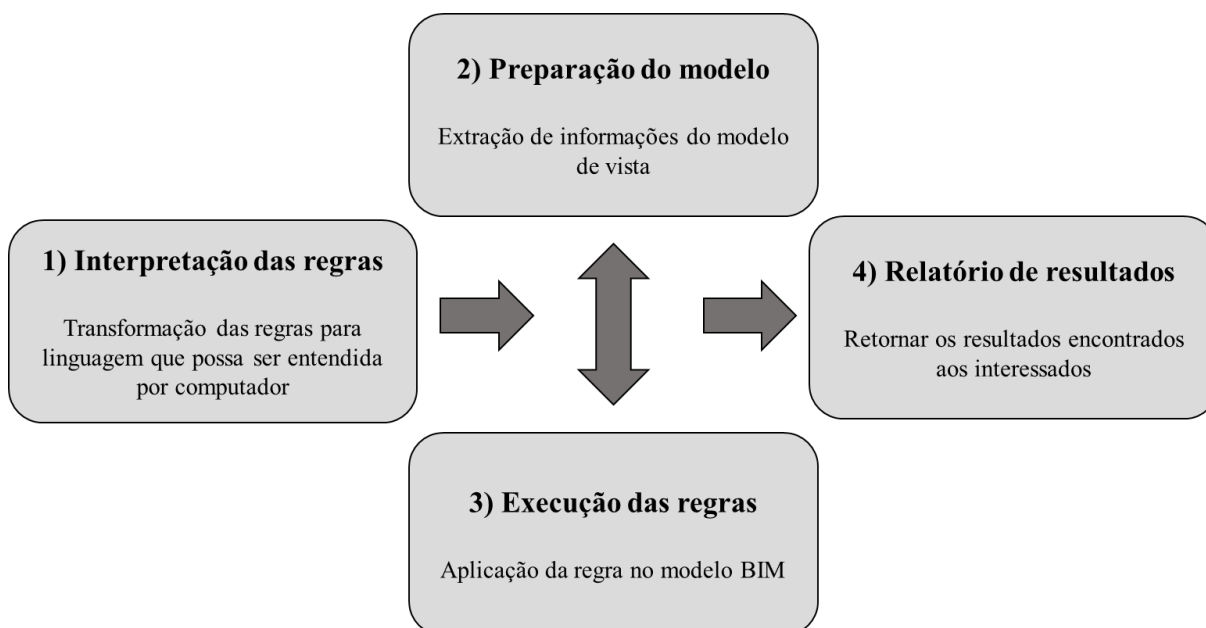
A checagem automática de projetos é o acesso aos objetos, configurações e parâmetros da modelagem da construção para aplicar regras ou condições, que geraram resultados como “aprovado”, “reprovado”, “aviso” ou “desconhecido” (EASTMAN *et al.*, 2009).

Desse modo, as informações contidas nos modelos BIM permitem que seja feita a verificação automática de regras, o que é essencial atualmente uma vez que os modelos estão cada vez mais repletos de informações. Assim, esse processo automático possibilitaria melhor tempo de resposta, qualidade, produtividade e fornecimento de feedbacks aos arquitetos, engenheiros e clientes (REINHARDT; MATHEWS, 2017) e, também, permitiria que os projetistas focassem nos critérios mais importantes ou que não são possíveis de automatizar (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Segundo Eastman *et al.* (2009), a verificação de regras é: (1) converter as regras de forma que sejam possíveis de implementação por um computador. Eventualmente, é interessante que as regras não venham mais com ambiguidades; (2) definir o modelo de vista para aplicação das regras, extração de informações do modelo; (3) executar a regra, lidando com as combinações, lógicas, testes; (4) reportar aos usuários os resultados da checagem; (5) se possível, mas não obrigatório, sugerir possibilidades de alterações.

Esse processo está esquematizado na Figura 2, em que se pode verificar as quatro etapas de verificação das regras e a sua sequência lógica de processamento.

Figura 2 – Etapas do processo de verificação automática



Fonte: Adaptado de Eastman et al. (2009).

A etapa inicial é a tradução dos códigos para linguagem computacional, sendo muitas vezes necessário subdividir algumas regras e até mesmo reescrevê-las. A etapa dois é primordial para verificar se as informações necessárias na checagem estão presentes e na configuração adequada, já a etapa três é a execução da regra no modelo BIM. Estas últimas duas etapas citadas estão interligadas, posto que é nesse momento que é verificada a consistência do modelo com os códigos de verificação, o que é imprescindível para garantir a assertividade da regra. Por fim, a etapa final em que os itens que passaram e não passaram precisam ser relatados em um documento entregue as partes interessadas para validar a integridade da verificação (EASTMAN *et al.*, 2009).

França (2018) levantou 25 usos diferentes para essas verificações automatizadas, conforme a Figura 3, o que demonstra sua ampla possibilidade de aplicação. Assim, percebe-se que a verificação pode ser usada sempre que auxiliar o processo de revisão de projetistas, seja para verificar se determinadas condições específicas de projeto estão inclusas, como condições impostas nas normas e legislações ou até mesmo para questões de melhoria de projetos, como sustentabilidade.

Figura 3 – Diferentes usos para a verificação automática de regras

Acessibilidade	Circulação	Código de Construção	Concreto moldado in loco	Concreto pré moldado (MVD)
Construção segura	Escavação segurança	Fundações profundas	Geral	Gestão de risco
Green building	Modelo genérico de verificação de regras	Norma de Desempenho	Perigo de queda em edificações em construção	Permissões / validações
Requisitos projetos	RFP (Request for proposal)	Rotas de fuga	Segurança contra incêndio	Segurança contra incêndio
Sistemas água	Sustentabilidade - acústica	Troca de informações engenharia/arquitetura	Verificação de espaço em tribunais	Projeto de Metrô

Fonte: França (2018).

De acordo com Rodrigues, Martins e Rangel (2015), para a verificação automática de critérios de acessibilidade são necessárias três condições: (1) disponibilidade de software; (2) modelos BIM desenvolvidos em conformidade com os códigos de verificação e (3) regulamentos claros e sem ambiguidades.

Neste sentido, constata-se que a padronização dos dados dentro do modelo de construção é primordial para qualquer meio de verificação de regras estável (SOLIHIN; EASTMAN, 2015). Assim como o uso de modelos BIM separados (por exemplo, um arquivo para arquitetura e outro para estrutura) contendo apenas as informações necessárias para cada tipo específico de verificação, posto que um modelo de construção completo exige uma elevada quantidade de dados, sendo inviável fazer uma verificação no todo. Quanto ao LOD, as análises podem ser feitas em diferentes níveis, no entanto, é preferível que as checagens funcionem no menor nível de informação possível (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Outro esforço necessário para esse processo é a fase de interpretação da regra, pois as regulamentações foram escritas para interpretação humana, sendo, muitas vezes, passíveis de ambiguidades, tornando necessária a tradução destes conhecimentos para uma máquina (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Já as ferramentas de uma checagem de regras podem ser implementadas nas plataformas como (EASTMAN *et al.*, 2009): uma ferramenta no software de modelagem; como um plug-in; um aplicativo no computador rodando em paralelo com o software e um site na web.

Como exemplo de aplicativo que é usado em paralelo com o software BIM, tem-se o Solibri Model Checker (SMC) que é um programa que analisa modelos BIM a fim de

identificar potenciais problemas, conflitos ou violações a um conjunto de regras (EASTMAN *et al.*, 2009). O SMC possui um conjunto de regras que podem ser customizadas pelo usuário. No entanto, um ponto negativo é que para adicionar novas regras é necessário acessar a Interface de Programação de Aplicação (API, do inglês *Application Programming Interface*) do programa. Contudo, essa não está publicamente disponível, o que restringe os usuários a regras já fornecidas. Ao final do processo, o software gera um relatório de avisos, para que o modelo seja editado no seu formato nativo.

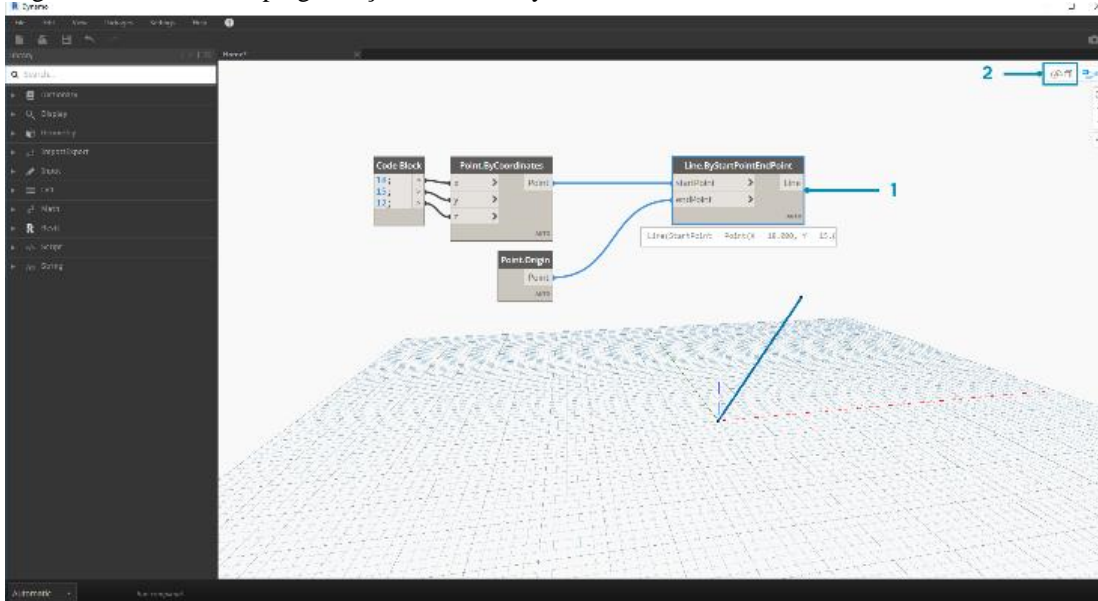
Por isso, Barbosa (2019) aponta que há muitos estudos focados na utilização de linguagens de programação para realizar a conversão de requisitos normativos em códigos, em decorrência da carência de softwares comerciais bem desenvolvidos para verificação de regras por órgãos e instituições para análise e aprovação de projetos. Ademais, há a possibilidade de ilimitadas verificações, adaptadas de acordo com a necessidade do projetista (EASTMAN *et al.*, 2009).

Posto isso, a programação é o ato de realizar o processamento de uma sequência de passos em um programa executável, no entanto, precisa-se escrever o código em uma linguagem que possa ser interpretada por computador, chamadas de linguagem de programação (PRIMER, 2021). Para a verificação de regras, Solihin, Dimiyadi e Lee (2018) veem bastante potencial na Linguagem de Programação Visual (VPL, do inglês *Visual Programming Language*), que de acordo com Primer (2021) é uma linguagem em que as instruções e as relações do programa são dadas não por meios de textos, mas por meio de uma interface gráfica do usuário, em que se conecta nós pré-empacotados com instruções. O potencial visto por Solihin, Dimiyadi e Lee (2018) pode ser explicado uma vez que na VPL não se tem a necessidade de aprender a sintaxe de uma linguagem de programação, logo, facilita o início das atividades, o que é bem visto pelos usuários (PRIMER, 2021).

Dentre as plataformas BIM que utilizam de programação visual, pode-se citar (WAHBEH, 2017): Grasshopper – plug-in para o Rhino e ArchiCAD; o Dynamo, que era um plug-in para o Revit, mas já é disponível nativamente nesse software e o Marionette, disponível nativamente para o Vectorworks.

O Dynamo, ferramenta utilizada nesse trabalho, é um software de código aberto que usa “algoritmos para uma ampla gama de aplicativos, desde o processamento de dados até a geração de geometria, tudo em tempo real e sem escrever nenhum *code*” (PRIMER, 2021). Na Figura 4 tem-se a interface do Dynamo, em que se pode ver os nós, com suas entradas e saídas, interligadas por fios.

Figura 4 – Estrutura da programação visual do Dynamo



Fonte: Primer (2021).

2.2.1 Classificação de regras de Solihin & Eastman

A fase inicial de interpretação da regra depende um esforço manual, mas é uma atividade necessária e, uma vez que é feita uma boa interpretação, esse investimento é realizado apenas uma vez (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Tendo isso em vista, a classificação de regras é uma forma de qualificar os critérios no tangente a sua implementação. Uma vez que é possível definir uma elevada quantidade de regras, se torna imprescindível sistematizá-las para que esse processo seja uma tarefa viável (CARVALHO, 2021).

Na codificação de regras, deve-se ter em questão que existem dois caminhos: pedir informações de entrada ao usuário para devolver as novas informações processadas pela máquina, o que deixa o código sujeito a erros e inconsistências, ou extrair as informações diretamente do modelo BIM, o que aumentará bastante custo de implementação das regras (SOLIHIN; EASTMAN, 2015).

Deste modo, Solihin e Eastman (2015) propuseram a classificação das regras de acordo com as suas complexidades de processamento, são elas quatro tipos:

- 1) regras que necessitam de uma pequena quantidade de dados explícitos;
- 2) aquelas que necessitam de atributos derivados e que podem ser obtidos facilmente com operações matemáticas simples, como aritmética e trigonometria;

3) as que necessitam de dados complexos, que vão além dos dados da construção, envolvem operações geométricas e espaciais, com solicitação extensiva de processamento, por isso é interessante que esses dados sejam usados mais de uma vez;

4) o nível de complexidade não deve aumentar consideravelmente relacionado aos níveis anteriores, pretende diante de novos requisitos ou inconformidades apresentadas em regras, captar o conhecimento e mostrar possíveis soluções. É uma nova área para checagem de regras, não existem muitos exemplos atualmente.

3 MÉTODO DE PESQUISA

3.1 Enquadramento metodológico

A pesquisa desenvolvida tem uma abordagem qualitativa, uma vez que buscou compreender o processo de checagem automática em cidades de pequeno porte, com um objetivo de prescrever passos para essa checagem. De acordo com Cooper e Schindler (2016) uma pesquisa qualitativa é aquela que almeja entender como e por que algum fenômeno acontece. Já uma pesquisa prescritiva é, segundo Bonat (2009), aquela que propõe soluções diretas ao problema em questão.

Para isso, foi escolhida como estratégia de pesquisa a *Design Science Research* (DSR), que é uma metodologia que permite criar e validar artefatos, buscando resolver um problema organizacional existente, em que a validação de um novo artefato possibilita aplicar métodos qualitativos e empíricos (HEVNER *et al.*, 2004). As principais características da estratégia de pesquisa escolhidas estão sumarizadas no Quadro 2.

Quadro 2 - Enquadramento metodológico da pesquisa

Abordagem	Qualitativa	Procura entender os fenômenos, seus processos e significados (COOPER; SCHINDLER, 2016)
Objetivo da Pesquisa	Prescrever	As pesquisas buscam a solução de problemas, seja com uma resposta direta ou mesmo com a proposição de um modelo teórico (BONAT, 2009)
Método de Pesquisa	Design Science Research	Empenha-se, em a partir da compreensão do problema, criar e avaliar artefatos que permitam transformar situações (HEVNER <i>et al.</i> , 2004).

Fonte: da autora.

3.2 Delineamento da Pesquisa

Hevner *et al.* (2004) expõem como conduzir, validar e apresentar a DSR, por meio de sete diretrizes, as quais foram descritas no Quadro 3, e usadas na construção dessa pesquisa.

Quadro 3 - Diretrizes para elaboração de uma DSR

	Diretrizes	Descrição
1	Design como um artefato	A pesquisa deve produzir um artefato viável na forma de um construto, um modelo, um método ou uma instanciação.
2	Relevância do problema	O objetivo é o desenvolvimento de soluções de base tecnológica para importantes e relevantes problemas organizacionais.
3	Avaliação do design	A utilidade, qualidade e eficácia de um artefato de design devem ser rigorosamente demonstradas através de métodos de avaliação bem executados.
4	Contribuições à pesquisa	Design Science eficaz deve fornecer contribuições claras e verificáveis nas áreas do projeto de artefatos, ampliação dos fundamentos e bases de conhecimentos já existentes.

(continua)

Quadro 3 - Diretrizes para elaboração de uma DSR

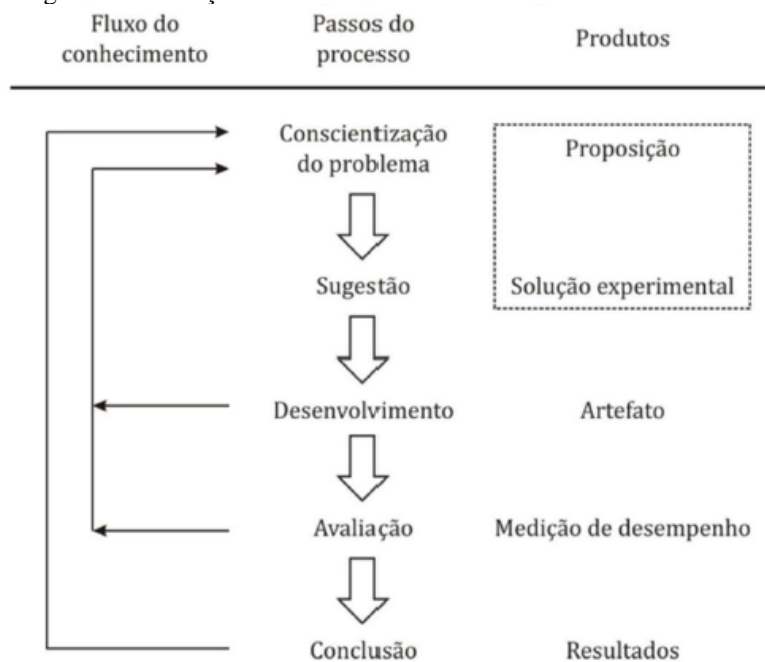
(conclusão)

Diretrizes		Descrição
5	Rigor da pesquisa	O rigor da pesquisa encontra-se na aplicação de métodos rigorosos, tanto na fase de construção do artefato quanto na sua fase de avaliação, em relação aos dados que se pretende obter e à realidade a ser observada.
6	Design como um processo de busca	A busca por um artefato eficaz requer utilizar os recursos disponíveis para atingir os fins desejados, satisfazendo as leis no ambiente a que pertence o problema.
7	Comunicação da pesquisa	A comunicação eficaz dos resultados da pesquisa Design Science deve ser feita conforme o público alvo quer para uma audiência orientada à tecnologia, quer para uma orientada à gestão organizacional e negócios.

Fonte: Hevner *et al.* (2004).

A implementação dessas diretrizes, seguiu os passos apresentados na Figura 5, que foram propostos por Vaishnavi, Kuechler e Petter (2004).

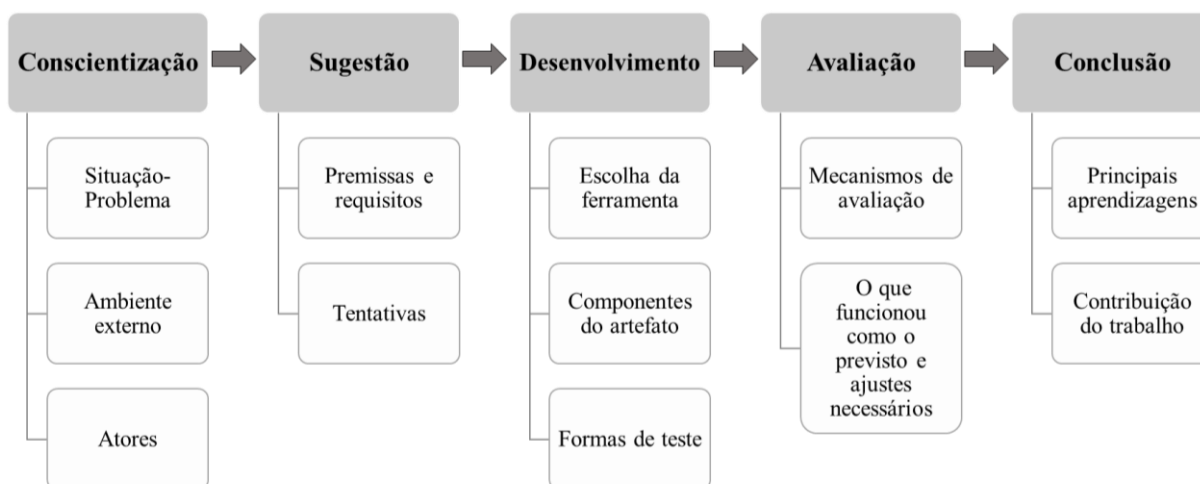
Figura 5 - Condução de uma DSR



Fonte: adaptado de Vaishnavi, Kuechler e Petter (2004).

Inicialmente, realizou-se a conscientização do problema, gerando uma proposição, seguido da sugestão de uma solução experimental e do desenvolvimento do artefato, avaliação do desempenho e conclusão, mostrando os resultados obtidos. Ressalta-se que em cada etapa, gerou-se conhecimento que contribuiu para a conscientização do problema. Desse modo, os principais requisitos analisados em cada etapa dessa pesquisa estão na Figura 6.

Figura 6 - Requisitos nas etapas de uma DSR



Fonte: da autora, adaptado de Lacerda *et al.* (2013).

Na etapa de conscientização do problema, que é o entendimento do panorama em que o problema está inserido, consegue-se demonstrar a relevância da questão, segunda diretriz de Hevner *et al.* (2004). Neste sentido, esta relevância é demonstrada por ter sido um dos problemas da Construção Civil dos Sertões de Crateús escolhido para se buscar uma solução tecnológica pelo Programa de Cluster Econômicos de Inovação e Corredores de Inovação, ação conjunta da das Secretarias do Desenvolvimento Econômico e Trabalho (Sedet), da Ciência e Tecnologia e Educação Superior (Secitece), conforme o edital N° 01/2021 Programas Corredores Digitais e Clusters Econômicos de Inovação (CEARÁ, 2021). Sendo assim, essa metodologia é bastante adequada, pois ela busca uma combinação de artefatos baseados na tecnologia, nas organizações e nas pessoas (HEVNER *et al.*, 2004).

O município estudado na pesquisa, Crateús, está localizado no estado do Ceará. E de acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística - IBGE (2022) possui uma área de 2.981,459 Km² com uma população total estimada de 75.241 habitantes para o ano de 2021.

A conscientização foi feita através não só de pesquisa na literatura nacional e internacional a respeito da checagem automática de regras, como também do ambiente em que a pesquisa está inserida, identificando os atores envolvidos nesse processo. Para tanto, foi realizada uma entrevista semiestruturada com a engenheira responsável pela aprovação de projetos na prefeitura e três projetistas com área de atuação na cidade em que a pesquisa foi desenvolvida, cuja caracterização destes pode ser vista no Quadro 4.

Quadro 4 – Caracterização dos entrevistados

Respondente	Avaliadora da prefeitura	Projetista A	Projetista B	Projetista C
Formação e titulação máxima	Engenheira Civil com pós-graduação em Estrutura de Concreto e Avaliações e Perícias de Imóveis	Técnico em edificações e Arquiteto e Urbanista com pós graduação em Engenharia de Segurança do Trabalho	Arquiteta, especialista em arquitetura de interiores e produção do espaço	Engenheiro Civil com pós graduação em Segurança do Trabalho
Tempo de atuação	8 anos/4 meses na prefeitura (período da entrevista)	6 anos	6 anos	2 anos
Área de atuação	Avaliações	Projetos e construção	Projetos arquitetônicos e de interiores	Projetos e fiscalização de obras
Registro no conselho	CREA	CAU	CAU	CREA
Constituição da empresa	-	Sem empresa formalizada	Sem empresa formalizada	Sem empresa formalizada
Número de funcionários	-	10 funcionários informais	2 sócios	Só o projetista
Praça de atuação	-	Sertões de Crateús e Sertão Central	Fortaleza, região metropolitana de Fortaleza e Crateús	Crateús
Nicho de mercado	-	Obras residenciais classe A, B e C e obras comerciais	Obras residenciais classe A e B	Obras residenciais tipo B
Porte das obras	-	Pequeno	Micro	Micro
Sistema construtivo das obras	-	Concreto armado	Concreto armado	Concreto armado
Fonte dos projetos	-	Próprio e alguns terceirizados	Próprio e alguns terceirizados	Próprio
Projeta em softwares BIM?	-	Não	Não	Não

Fonte: da autora.

Desta forma foram aplicados dois roteiros de entrevista. O primeiro, disposto no APÊNDICE A, para a engenheira avaliadora da prefeitura, que contou com quatro partes de caracterização: do respondente; geral do setor; geral do processo de aprovação e da verificação de projetos. E outro para os projetistas da região, que contou com três partes de caracterização: do respondente, geral da empresa/projetista e da aprovação de projetos pela empresa/projetista, contido no APÊNDICE B.

Essas entrevistas foram aplicadas no contexto de pesquisa de três estudos, o realizado neste trabalho e nos trabalhos intitulados Verificação automática de projetos em BIM: um estudo do Código de Obras e Posturas de Crateús, CE de autoria de Stelamaris Alves de Siqueira e no trabalho Desenvolvimento de template BIM para aprovação automatizada de projetos: um estudo na cidade de Crateús, CE de José David Monte da Silva. Por isso, nem todos os resultados encontrados na entrevista foram apresentados neste trabalho.

A partir dos dados encontrados na etapa anterior, foi proposta a solução para o problema levantado, sendo ele a baixa agilidade e falta de transparência nos processos de aprovação de projetos, então, sugeriu-se como solução a checagem automática de regras. Como recorte da aprovação de projetos, tomou-se os critérios da LUOS para viabilizar a realização da pesquisa em tempo hábil. Para tanto, foi realizada uma análise documental na referida lei, para sistematizar seu conteúdo, classificar e escolher os critérios a serem analisados.

Com isso, percebe-se a contribuição teórica, quarta diretriz necessária em uma DSR segundo Hevner *et al.* (2004). Ainda conforme ele, a contribuição de um artefato pode ser de três tipos: o próprio artefato, aumento das bases teóricas e as métricas de avaliação. Nessa pesquisa, além de fornecer um artefato, que pode ser usado para solucionar um problema, o trabalho busca analisar o processo de aplicação da lei. Assim, como contribuição tem-se o próprio artefato, uma vez que trará a solução para problemas até então não resolvidos e o aumento da fundamentação teórica sobre o assunto.

Então, para iniciar o desenvolvimento do artefato é preciso distinguir o tipo que será produzido, como especificado na primeira diretriz que, de acordo com Hevner *et al.* (2004), podem ser constructos, modelos, métodos e instanciação. Estes tipos foram sumarizados no Quadro 5.

Quadro 5 - Tipos de artefatos

Constructos	Fornecem um vocabulário para expressar o problema, se faz importante uma vez que é imprescindível conhecer profundamente e conseguir descrever bem o problema para assim encontrar a solução mais adequada.
Modelos	Podem-se construir modelos para descrever a situação-problema.
Métodos	São um conjunto de passos para executar uma tarefa.
Instanciações	São a concretização do artefato em funcionamento, portanto, demonstram a viabilidade tanto dos métodos utilizados, como do próprio artefato, pois uma vez que através da construção de um produto que funcione, tem-se a prova que ele pode existir. Em função do desempenho do artefato pode-se criar novos constructos e modelos que permitam aprimorar cada vez mais tal instanciação.

Fonte: da autora., conforme Hevner *et al.* (2004).

Esse trabalho objetivou criar um artefato do tipo instanciação, uma vez que reúne constructos, modelos e métodos em um sistema funcional. Como é um artefato completo, permite a avaliação plena da viabilidade do pretendido.

Então, escolheu-se como ferramenta o Dynamo, software da Autodesk, que é uma ferramenta de programação visual mais acessível para engenheiros, posto que estes não são essencialmente programadores, ademais, garante uma ampla liberdade na formação das regras. Também é válido ressaltar que o Dynamo pode ser usado como plug-in para o Revit. Assim,

projetistas que usam esse software para modelagem não precisam ter custos adicionais comprando a licença de outros programas.

Logo, pode-se começar essencialmente o desenvolvimento do artefato, através da seleção de critérios da LUOS passíveis de checagem automática, uma vez que se tem requisitos que não tem critérios bem definidos e precisam de verificação humana. Em seguida, realizou-se a classificação das regras, segundo Solihin e Eastman (2015), separando aquelas que são de difícil automatização, e escolhendo preferencialmente as regras mais simples e recorrentes. Posteriormente, fez-se a transformação de regras em algoritmos, gerando a sequência lógica de passos para elaboração da rotina. Por último, a criação das rotinas no Dynamo.

Como delimitação da pesquisa, escolheu-se os critérios impostos nas zonas das áreas urbanas nível I e II, além da área de expansão urbana da cidade de Crateús, para os usos do tipo R1 e R2 (referentes a edificações projetadas para a habitação permanente de até duas famílias em um mesmo lote), uma vez que essas zonas e usos abrangem a maior parte da cidade e constituem o tipo de edificação mais comum.

A fase de avaliação foi realizada juntamente com a criação das rotinas, por meio do teste funcional (Black Box), que é realizado continuamente e buscou executar o artefato a fim de encontrar possíveis falhas e defeitos.

Pode-se enfatizar a aplicação da quinta diretriz, relacionada ao rigor da pesquisa, uma vez que foi realizada uma vasta pesquisa na literatura sobre o conteúdo e sobre a metodologia adotada, assim, agregando conhecimento para se escolher as formas de validação mais coerentes com a realidade dessa pesquisa.

Por último, na conclusão sumarizou-se as principais aprendizagens e contribuições desse trabalho. Ademais, realizou-se a comunicação dessa pesquisa em dois âmbitos, acadêmico e profissional, de acordo com Hevner *et al.* (2004). Na esfera acadêmica, a fim de que a comunidade acadêmica seja capaz de absorver os conhecimentos relacionados a checagem automática aqui gerados e gerar informações para validação e extensão ao artefato, por meio da publicação deste Trabalho de Conclusão de Curso e de possíveis desdobramentos dele. E na esfera organizacional, a fim de verificar a capacidade do uso desse artefato em ambientes não controlados, por meio de uma plataforma online em que seja possível testar o artefato produzido.

As etapas, atividades e resultados esperados desse estudo estão sumarizados no Quadro 6.

Quadro 6 - Atividades desenvolvidas e resultados esperados

Etapas da DSR	Atividades	Resultados Esperados
Conscientização	Revisão na literatura	Conhecer profundamente sobre o tema
	Entrevista semiestruturada com engenheira avaliadora da prefeitura e projetistas	Conhecer sobre a realidade do ambiente inserido
Sugestão	Selecionar a melhor solução para o problema	Uma solução plausível (checagem automática de regras)
Desenvolvimento	Seleção de Critérios	Quantidade de critérios razoáveis para checagem
	Classificação das regras	Checar pelo menos as regras mais simples
	Transformação de regras em algoritmos	Tradução das regras para linguagem de computador
	Criação de rotinas	Criar rotinas com a melhor eficiência computacional e qualidade
Avaliação	Teste funcional	Solucionar erros nas rotinas
Conclusão	Analisar o processo e sumarizar as contribuições	Sumarização das principais contribuições do trabalho

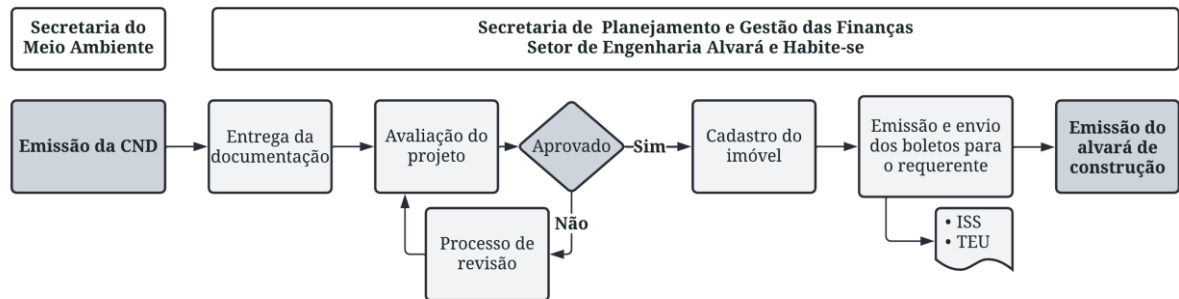
Fonte: da autora.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Aplicação da Lei de Uso e Ocupação de Crateús

Por meio da entrevista com analista de projetos da prefeitura e análise do Plano Diretor de Desenvolvimento Urbano (PDDU), da Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) e do Código de Obras e Posturas (COP) de Crateús, foi possível a elaboração de um fluxograma para o processo de aprovação de projetos e emissão do alvará de construção junto à Prefeitura, conforme a Figura 7.

Figura 7 – Fluxograma do processo de emissão de alvará de construção



Legenda: CND – Certidão Negativa de Débitos; ISS – Imposto Sobre Serviços; TEU – Tributo Especial Unificado. Fonte: da autora.

O primeiro passo para a emissão do alvará consiste na emissão da Certidão Negativa de Débitos (CND) do lote a ser construído, que deve ser obtido na Secretaria do Meio Ambiente, essa declaração é exigida a fim de atestar que o terreno não faz parte de área de preservação ambiental. Junto a essa certidão, deve ser anexado o restante da documentação necessária para dar entrada no processo perante a Secretaria de Planejamento e Gestão das Finanças, que estão discriminados no Quadro 7.

Quadro 7 - Documentação para submissão de alvará de construção

Documentação do proprietário		Documentação do Terreno	Projetos
Pessoa Física	Pessoa Jurídica		
a) Cópia do RG b) Cópia do CPF c) Comprovante de endereço	a) Cópia do CNPJ b) Cópia do Contrato Social	a) Certidão de matrícula (atualizada com validade de 30 dias) ou b) Escritura Particular de Compra e Venda (com firma reconhecida em cartório)	a) Projeto arquitetônico completo <ol style="list-style-type: none"> i. Planta baixa de todos os pavimentos ii. Cortes (longitudinal e transversal) iii. Planta de cobertura iv. Fachada v. Planta de situação/locação b) Projeto sanitário

Fonte: da autora.

Após a aprovação, o processo da edificação passa para o setor de cadastro e gera o Boletim de Cadastro Imobiliário (BCI), inscrição do imóvel para receber a numeração. Posteriormente, ocorre a emissão e envio dos boletos para que o requerente efetue o pagamento, do Imposto Sobre Serviços (ISS) e o Tributo Especial Unificado (TEU). Com a confirmação dos pagamentos, é emitido o alvará de construção, sendo este carimbado e assinado pela engenheira avaliadora e o coordenador do setor.

Uma das legislações que o projeto tem que estar em consonância é a LUOS de Crateús, que foi o objeto de pesquisa desse trabalho. A LUOS possui quatro títulos e seis anexos, cuja descrição está disposta no Quadro 8.

Quadro 8 - Itens da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús-CE

Títulos	Descrição
Disposições preliminares	Definições
	Objetivos
Parcelamento do solo urbano	Disposições gerais
	Requisitos urbanísticos para loteamento
	Projeto de loteamento
	Projeto de desmembramento
	Aprovação do projeto de loteamento e desmembramento
Uso e ocupação do solo	Zoneamento (limites das zonas e categorias de uso)
	Uso e ocupação das zonas
	Do Parcelamento, Uso e Ocupação das Zonas Residenciais em Programas de Interesse Social
	Estacionamento
	Postos de combustíveis
Disposições finais	Considerações finais
Anexos	Anexo 01 - Parâmetros de ocupação urbana – tabela 01; 02; 03; 04; e 05
	Anexo 02 - Normas Relativas ao Uso e à Ocupação Urbana
	Anexo 03 - Projetos dos Acessos, dos Estacionamentos com Vagas Internas
	Anexo 04 - Planta do Zoneamento Funcional Urbano - Mapa 1
	Anexo 05 - Planta do Sistema Viário Básico - Mapa 2

Fonte: da autora.

Dos itens do Quadro 8, o parcelamento do solo não é uma solicitação tão recorrente, não tendo sido abordado nesse trabalho.

O Quadro 9 apresenta um sumário das zonas da LUOS de Crateús, com seus respectivos usos e requisitos urbanísticos. No APÊNDICE C tem-se a descrição das categorias de uso das edificações conforme a lei, com as respectivas siglas e características básicas.

Quadro 9 - Zoneamento da LUOS de Crateús com seus respectivos usos e requisitos urbanísticos

Zonas	Usos	Requisitos urbanísticos
Áreas Urbanas		
Área Urbana – Nível I (AU I)	R1, R2, R3, M1, M2, M3, M4, CS1, CS2, CS3, I1 e I2	Anexo I - Tabela 01
Área Urbana – Nível II (AU II)	R1, R2, R3, M1, M2, M3, M4, CS1, CS2, CS3, I1 e I2	Anexo I - Tabela 02
Área de Expansão Urbana		
Área de Expansão Urbana (AEU)	R1, R2, R3, M1, M2, M3, M4, CS1, CS2, CS3, I1 e I2	Anexo I - Tabela 03
Áreas Especiais		
Área de Revitalização da Zona Central	Residenciais, misto, comércio, serviço e indústria.	Anexo I - Tabela 04
Área de Interesse a Produção	R1, R2, R3, M1, M2, M3, CS1, CS2, CS3, I1, I2 Preferencialmente, atividades industriais de portes I1 e I2, e as de caráter urbano-agrário.	Anexo I - Tabela 05
Área de Interesse Institucional	Áreas reservadas para a implantação de atividades dos setores da Administração, defesa, segurança, saneamento, cultura, esportes, lazer, abastecimento, saúde, educação e similares, que consolidem a imagem do Município.	De acordo com o art. 96, a Administração Municipal pode indicar normas para desenvolvimento dos projetos a serem implantados no setor, atendendo a especificações e padrões próprios por ela definidos.
Área de Interesse ao Lazer	CS1 e CS2, relacionadas ao uso recreativo, à prática de esportes e ao lazer	Art. 80 a art. 87
Área de Preservação dos Recursos Hídricos	Só são permitidas construções de ancoradouros de pequeno porte, rampas para lançamentos de barcos, pontões para pesca, tanques para piscicultura, equipamentos simples, como boxes e barracas.	De acordo com o art. 76, os projetos para execução e localização deverão ser definidos pela Administração Municipal e dependerão de parecer favorável do órgão estadual de meio ambiente.

Legenda: R1 – Residencial 1; R2 – Residencial 2; R3 – Residencial 3; M1 - Misto 1; M2 - Misto 2; M3 - Misto 3; M4 - Misto 4; CS1 - Comércio e serviços 1; CS - Comércio e serviços 2; CS3 - Comércio e serviços 3; I1 - Industrial 1; I2 - Industrial 2; I3 - Industrial 3.

Fonte: da autora.

Como percebe-se no Quadro 9, a cidade é distribuída em oito zonas, que se enquadram em áreas urbanas, área de expansão urbana e áreas especiais. Este trabalho focou nas duas primeiras, uma vez que elas abrangem a maior parte da cidade e sua constituição é majoritariamente residencial. Pode-se ver que as áreas especiais são destinadas a usos específicos e os requisitos urbanísticos adotados variam bastante, sendo, muitas vezes, definidos pela administração.

Na legislação analisada ainda há o capítulo IV referente a estacionamentos, em que se dispõe sobre a exigência da reserva de espaço para estacionamento de veículos: quantidade

de vagas, quais edificações estão dispensadas da exigência de reserva de vaga de estacionamento, das áreas a serem reservadas de acordo com o uso da edificação.

Por fim, o capítulo V dispõe sobre a construção de postos de combustíveis, contendo requisitos como, por exemplo, localização, distância entre postos e entre outros estabelecimentos, serviços permitidos e índices urbanísticos.

Esta legislação foi formulada em 2001 e ainda não foi atualizada, estando, portanto, em desacordo com o Estatuto da Cidade (Lei Federal n. 10.257/2001) que determina que, pelo menos, a cada dez anos, os planos diretores devem ser revistos. Dessa maneira, a cidade encontra-se em situação irregular.

Sobre a necessidade de atualização da lei, o Quadro 10 apresenta a percepção dos entrevistados na pesquisa.

Quadro 10 – Fala dos entrevistados em relação a atualização da lei

Entrevistado	Resposta
Engenheira da prefeitura	“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. [...] cada município dispõe de sua diretriz, de seu código de ocupação e Crateús está muito ultrapassada, de não amarrar, não entrar em detalhes.”
Projetista A	“ [as leis] são inadequadas, porque elas são obsoletas, são todas de 2001, nunca passaram por atualização, então ficam obsoletas, hoje, a gente tem novas demandas, uma conjuntura construtiva diferente, novos materiais, as leis ambientais se modificaram muito, então, elas acabam ficando obsoletas”
Projetista B	“elas estão defasadas [as normas de Crateús], até porque cresceu muito, tem um mapa que nem contempla toda a cidade”
Projetista C	“mas eu acredito que para os lotes de hoje em dia e para a forma como eles são e as construções que são passíveis de se fazer neles para uma boa habitação [...] ela [a lei] está muito desatualizada, algumas medidas, tipo, de ambientes, é totalmente desproporcional aos lotes você tem hoje [...] então, já está mais do que na hora de casar a realidade com o que é pedido no código.”

Fonte: da autora.

Percebe-se que a necessidade da atualização da lei é corroborada pela engenheira da prefeitura e todos os projetistas. Ademais, foi unânime a opinião dos entrevistados sobre as dificuldades relacionadas aos recuos, conforme pode ser visto no Quadro 11.

Quadro 11 - Fala dos entrevistados em relação aos recuos

Entrevistado	Resposta
Engenheira da prefeitura	“A gente usa muito parâmetro das normas e ela sofre atualizações, mas no código eu sinto falta de amarrar um pouco mais no recuo. No recuo ele só fala um pouquinho, deveria fazer permissões para certas ocasiões, 1,50 m para construção nova [...] num terreno que é menor permitir 60 cm, 80cm [de recuo]”
Projetista A	“aqui em Crateús, nunca aconteceu isso, tu pode estar em uma zona comercial, residencial, eles não usam os recuos, eles vão só pelo Código Civil”

(continua)

Quadro 11 - Fala dos entrevistados em relação aos recuos

(conclusão)

Entrevistado	Resposta
Projetista B	“Já ouvi de próprio funcionário da prefeitura que não trabalha mais lá, em que eu queria saber sobre os recuos, e ele falou assim ‘Ah, não, aqui não tem essa cultura de recuo não’.”
Projetista C	“nos lotes que tem hoje você não pode mais deixar um metro de recuo lateral sem perder um uma área expressiva do seu lote”

Fonte: da autora.

Como itens mais críticos das normas, os entrevistados citaram os recuos. Enquanto a engenheira avaliadora sente que a legislação é falha nesse aspecto, os projetistas sentem dificuldades em atender os valores impostos.

Já sobre a efetiva aplicação da LUOS, o Quadro 12 apresenta a percepção dos entrevistados.

Quadro 12 - Fala dos entrevistados em relação a aplicação da LUOS

Entrevistado	Resposta
Engenheira da prefeitura	“Você passa até com 75% [em uma prova], aqui também é do mesmo jeito. Tem coisas que você deixa passar que não vai influenciar, outras que você não pode deixar.” “Um lote de quase 4 m de frente e você ter que colocar um recuo de 1,5 m, sabemos que existe isso. O que é que a gente faz aqui? Nesses casos a gente permite, a gente abre uma exceçãozinha de no mínimo 80cm. Depois disso é querer demais.”
Projetista A	“na LUOS, existem tabelas, se você vai construir um imóvel numa zona residencial, na zona industrial, comercial, ou em uma via expressa, local ou arterial, para cada via, para cada zona, existe os recuos, existem parâmetros construtivos e índices urbanísticos, por assim dizer, taxa de ocupação, índice de aproveitamento máximo, recuo frontal, lateral e de fundo, aqui não se segue isso” “A Lei de uso e ocupação do solo não é seguida, um dia eu cheguei lá [prefeitura] com a tabela da LUOS, o engenheiro antigo perguntou ‘o que é isso aqui?’, eu disse ‘isso aqui é a tabela que tá na LUOS’, e ele disse ‘pois eu nunca vi essa lei aqui não’. Eles vão mais pelo COP, a LUOS é um pouco esquecida, não funciona na verdade, eles não olham, verificam.”
Projetista B	“[a legislação] existe, mas não é respeitado 100%. Só algumas pessoas respeitam, porque querem, quem não quiser não respeita, eu acho que funciona desse jeito”
Projetista C	“Não tem uma construção em Crateús hoje que tenha esse um metro de recuo lateral, é muito difícil” “é impossível diante da lei que a gente tem e da realidade, uma fiscalização que seja mesmo rigorosa”

Fonte: da autora.

Verifica-se, em todas as entrevistas, que a lei não é efetivamente aplicada, e que nem todos os itens para aprovação são verificados (ou exigidos em sua integralidade). Isto pode estar relacionado, também, à desatualização das leis, em que os critérios não condizem com a realidade atual, além de, muitas vezes, essa legislação não ser elaborada por profissionais que conhecem a realidade do local. Assim, percebe-se uma grande contribuição que a checagem

automática poderia trazer, uma vez que as regras seriam efetivamente aplicadas de maneira igual para todos os indivíduos.

4.2 Apresentação do artefato desenvolvido

4.2.1 Condicionantes da Lei de Uso e Ocupação dos Solos

Ao todo foram selecionados 26 critérios, que podem ser verificados no Quadro 13, estes estão dispostos nos anexos I e II da lei, são 21 observações, além do índice de aproveitamento, taxa de ocupação e recuos.

Quadro 13 – Critérios selecionados da LUOS

Nº	Referência	Descrição	Classe
1	Anexo I	Índice de aproveitamento	2
2	Anexo I	Taxa de ocupação	2
3	Anexo I	Recuo frontal	2
4	Anexo I	Recuo lateral	2
5	Anexo I	Recuo dos fundos	2
6	Anexo II - 1	Os dois primeiros pavimentos são permitidos encostar em uma das divisas laterais respeitados os demais parâmetros de ocupação do solo e as condições mínimas de ventilação e iluminação prevista no código de obras e posturas e o atendimento do Código Civil. O ponto mais alto da coberta não poderá ultrapassar a cota de 9,00 m (nove metros).	2
7	Anexo II - 2	No pavimento térreo poderá haver ocupação do recuo de fundo respeitadas a taxa de ocupação e o índice de aproveitamento, e as condições mínimas de ventilação e iluminação prevista no código de obras, e posturas, e o atendimento do código civil.	2
8	Anexo II - 3	No pavimento térreo poderá haver ocupação dos recuos laterais e de fundos respeitando, índice de aproveitamento, e as disposições contidas no código de obras e posturas relativas as características da edificação e ao funcionamento da atividade. A taxa de ocupação deste pavimento pode ter acréscimo de 10% (dez por cento).	2
9	Anexo II - 4	É permitida a projeção de até 0,90 m em balanço, de elementos de fachada tais como; sacadas, jardineiras, brises, pérgulas, marquises e similares, quando os recuos laterais e de fundos forem superiores a 5,00 m (cinco metros).	2
10	Anexo II - 5	Os recuos laterais obrigatórios poderão sofrer uma redução de até 50% (cinquenta por cento) numa extensão máxima de 1/3 (um terço) da profundidade do lote, desde que ocupados por escadas, elevadores, rampas, lixeiras e circulações comunitárias.	2
11	Anexo II - 6	É exigida uma vaga interna de estacionamento com acesso definido conforme figura C – Anexo III.	2

(continua)

Quadro 13 – Critérios selecionados da LUOS

(conclusão)

Nº	Referência	Descrição	Classe
12	Anexo II - 7	É exigida uma vaga interna de estacionamento para cada unidade residencial com acesso definido conforme figuras A e B – Anexo III.	2
13	Anexo II - 8	É exigida uma vaga interna de estacionamento para cada unidade residencial com acesso definido conforme figura C e vagas externas para a unidade comercial calculadas na proporção de 01 vaga para cada 75 m ² (setenta e cinco metros quadrados) de área útil da atividade e conforme figuras F e G - Anexo III.	2
14	Anexo II - 9	É exigida uma vaga interna de estacionamento para cada unidade residencial com acesso definido conforme figura C e vagas externas para a unidade comercial calculadas na proporção de 01 vaga para cada 75 m ² (setenta e cinco metros quadrados) de área útil da atividade e conforme figuras H e I – Anexo III.	2
15	Anexo II - 10	Para a unidade comercial e de serviços são exigidas vagas p/ estacionamento calculadas na proporção de 01 vaga para cada 75 m ² (setenta e cinco metros quadrados) de área útil da atividade, conforme figuras H e I – Anexo III.	2
16	Anexo II - 11	Para a unidade comercial e de serviços são exigidas vagas p/ estacionamento calculadas na proporção de 01 vaga p/ cada 75 m ² (setenta e cinco metros quadrados) de área útil da atividade conforme figuras F e G – Anexo III.	2
17	Anexo II - 12	Para o uso industrial é exigido vaga de estacionamento, interna ou externa na proporção de 01 vaga para cada 150 m ² (cento e cinquenta metros quadrados) e conforme Anexo III.	2
18	Anexo II - 13	Será permitido balanço de 1,00 m (um metro) nos recuos de frente, observada a altura mínima de 3,00 m (três metros) do nível do passeio por onde existe acesso. Quando o recuo for igual ou superior a 7,00 m (sete metros) o balanço poderá ser de até 2,00 m (dois metros).	2
19	Anexo II - 14	Em qualquer zona, excluída a área de revitalização da zona central, a distância mínima entre blocos deverá ser igual ou superior a 2 (duas) vezes o recuo lateral para zona.	2
20	Anexo II - 15	Será permitida a construção de subsolos com taxa de ocupação 10% (dez por cento) superior à permitida para a zona, e cuja altura não ultrapasse 1,00 m (um metro), contados a partir do nível do meio do lote por onde existe acesso.	2
21	Anexo II - 16	As marquises das edificações conforme especificações do Código de Posturas podem ocupar até ¼ da largura do passeio.	1
22	Anexo II - 17	Edificações com mais de 04 (quatro) pavimentos ou com piso do último pavimento utilizado acima de 13,00 m (treze metros) de altura deverá dispor de elevador dimensionado conforme normas técnicas de cada equipamento a ser instalado. O elevador não é computado como unidade de saída conforme disposições do Código de Obras e Posturas.	2
23	Anexo II - 18	Lotes com testadas inferiores a 8,00 m (oito metros) estão isentos da obrigatoriedade de vagas internas para estacionamento.	2
24	Anexo II - 19	O número máximo de pavimentos é 06 (seis), respeitada a altura máxima de 22,00 m (vinte e dois metros).	2
25	Anexo II - 20	Em qualquer caso, sendo o recuo inferior a 1,50 m (um metro e cinquenta) observar-se-á o disposto no art. 573 do código civil.	3
26	Anexo II - 21	Devem ser observadas as exigências constantes no código de postura relativo as características das edificações e ao funcionamento da atividade.	-

Fonte: da autora.

Pode-se notar que a maioria das regras da lei são de classe dois, de acordo com a classificação proposta por Solihin e Eastman (2015), ou seja, são aquelas que necessitam de atributos derivados e que podem ser obtidos facilmente com operações matemáticas simples. Desse modo, infere-se que esta lei possui complexidade de implementação média e que é passível de verificação automática.

Destes critérios foram selecionados para verificação aqueles impostos às residências do tipo R1 e R2 nas áreas urbanas e de expansão urbana: as observações 1, 2, 6, 13, 18 e 20 e os índices urbanísticos que são necessários para todas as edificações, que são índice de aproveitamento, taxa de ocupação e recuos. A tradução desses critérios em algoritmos que facilitam a criação das rotinas é apresentada no APÊNDICE C.

Os parâmetros de ocupação variam de acordo com o uso e a localização da edificação. Desse modo, são necessários três dados de entrada a fim de que a rotina reconheça corretamente os valores dos parâmetros, são eles: zona da cidade, tipo de via e o uso da edificação. A partir dessas informações, pode-se obter os valores de índice de aproveitamento, taxa de ocupação, recuos e quais observações são necessárias, como ilustrado na Figura 8, que apresenta a Tabela 01 do Anexo I da Lei de Uso e Ocupação do Solo de Crateús.

Figura 8 – Recorte dos parâmetros de ocupação

TABELA 01 – ÁREA URBANA – NÍVEL I

VIA LOCAL						
USO	I.A	T.O	RECUOS			OBSERVAÇÕES
			FRENTE	LATERAL	FUNDO	
R1	1,0	50%	3,00	1,50	1,50	01;02;06;13;18;20
R2	1,0	50%	3,00	1,50	1,50	01;02;06;13;18;20
R3	1,0	60%	5,00	3,00	3,00	03;04;05;09;13;14;15;16;17;19;20
M1	1,0	50%	5,00	0,00	3,00	01;02;09;10;13;15;18;20
M2	1,0	50%	5,00	0,00	3,00	01;02;09;10;13;16;18;20
M3	1,5	60%	5,00	3,00	3,00	03;04;05;09;10;13;14;15;16;17;19; 20
M4	-	-	-	-	-	
CS1	1,0	50%	5,00	3,00	3,00	03;10;15;16;18;20;21
CS2	-	-	-	-	-	
CS3	-	-	-	-	-	
I1	1,0	50%	5,00	3,00	3,00	10;12;15;16;18;20;21
I2	-	-	-	-	-	

Fonte: adaptado da LUOS (2001).

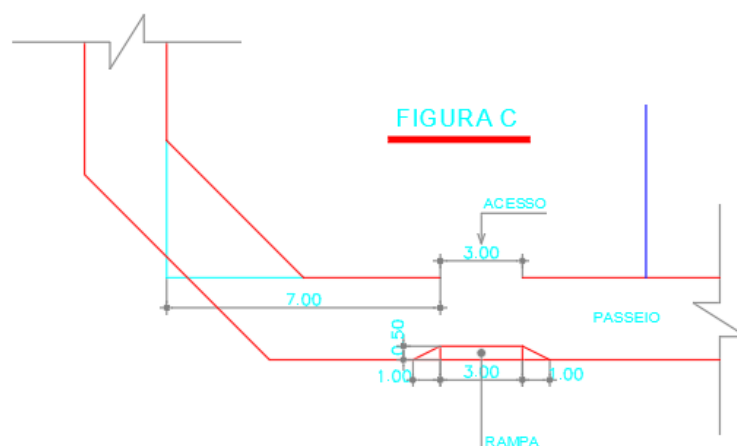
Os parâmetros mais importantes são o índice de aproveitamento, taxa de ocupação e recuos descritos na LUOS. No entanto, obras complementares podem influenciar no valor desses índices, em que as regras para essas obras são dadas pelo Código de Obras e Posturas

(COP) do município e estão sumarizadas no APÊNDICE D, são elas: abrigos; pérgulas; guaritas, portarias e bilheterias; piscinas e caixas d'água; chaminés, torres e antenas; passagens cobertas; coberturas para tanques e pequenos telheiros; toldos.

Dessas obras, para residências tem-se como mais recorrentes as pérgulas, piscinas e caixas d'água. Portanto, apenas essas obras foram consideradas na checagem automática ao calcular o índice de aproveitamento, taxa de ocupação e recuos.

Na observação 6 do Anexo II da referida lei, menciona-se a figura C do Anexo III, que indica o modelo para acesso a vaga de estacionamento interna. Conforme a Figura 9, percebe-se que as medidas dadas são bem genéricas, em que as dimensões da rampa poderiam ter sido dadas mediante inclinações mínimas. Posto isto, optou-se como critério de avaliação da regra considerar apenas a quantidade de vagas de estacionamento e a largura mínima para o acesso a edificação como 3 m.

Figura 9 – Figura C do Anexo III da LUOS



Fonte: LUOS (2001).

Já a observação 21 faz referência ao art. 573 do código civil, no entanto, esse artigo não se encontra em vigência, o que mostra mais uma vez o problema relativo à desatualização da lei, o artigo correspondente ao citado na observação foram o art. 1300 e 1301 do novo código civil, Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002 e pode ser observado abaixo:

Art. 1.300. O proprietário construirá de maneira que o seu prédio não despeje águas, diretamente, sobre o prédio vizinho.

Art. 1.301. É defeso abrir janelas, ou fazer eirado, terraço ou varanda, a menos de metro e meio do terreno vizinho.

Para tanto, foi verificado se o terreno está há mais de um metro e meio do vizinho e assim poderá ou não ser aplicado o disposto no Código Civil.

Nota-se, que as regras influenciam umas nas outras, pode-se ver isso, por exemplo, nas observações um e dois que permitem recuos menores que o mínimo exigido para determinadas condições. Ademais, a observação dezoito também interfere na observação seis, uma vez que esta exige uma vaga interna de estacionamento e aquela discorre que lotes com testadas inferiores a 8m estão isentas desta obrigatoriedade.

Com estas condicionantes, passou-se ao desenvolvimento e implementação da checagem automática, por meio da linguagem de programação visual, como se detalha a seguir.

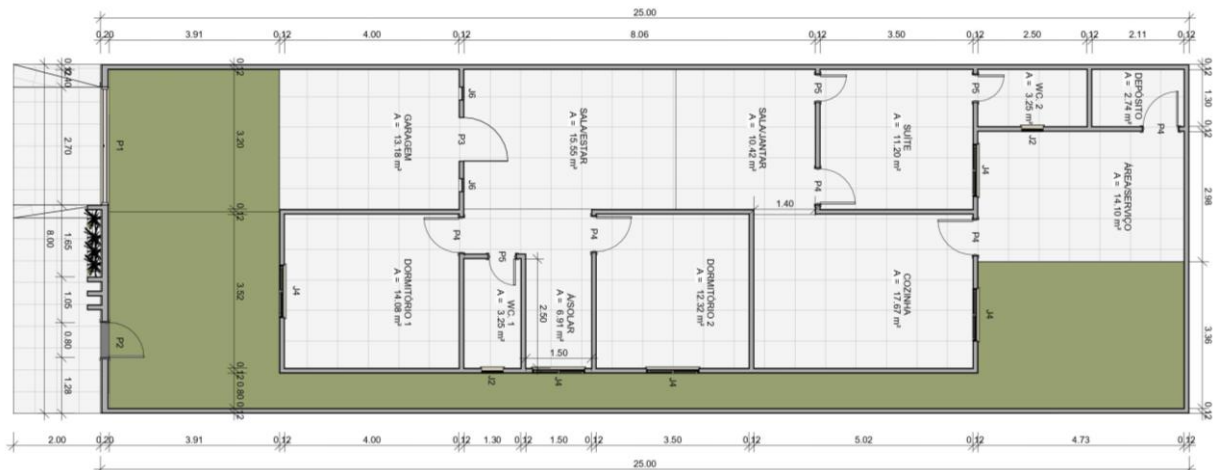
4.2.2 Implementação e teste

A metodologia aplicada no desenvolvimento do artefato consistiu no desenvolvimento e implementação da checagem automática das condicionantes da lei, como descrito na subseção anterior, por meio da linguagem de programação visual no Dynamo para projetos desenvolvidos no Revit.

Assim, realizou-se a modelagem no Revit de um projeto arquitetônico fornecido por um dos projetistas entrevistados. O projeto foi aprovado na prefeitura em outubro de 2021. Com isso, pode-se avaliar se os critérios impostos na lei foram efetivamente aplicados e com a modelagem garantiu-se que projeto tivesse os parâmetros necessários para verificação.

O projeto consiste em uma residência unifamiliar, que possui garagem, sala de estar e jantar, dois dormitórios, 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 10.

Figura 10 – Planta baixa do projeto usado para avaliação



Fonte: da autora.

No total, foram produzidas seis rotinas. A descrição das regras avaliadas em cada uma está no Quadro 14. Estas foram separadas em diferentes arquivos para facilitar a organização das informações e algumas foram agrupadas no mesmo arquivo, a fim de aproveitar os dados que são comuns para ambas as regras, como, por exemplo, a área do terreno que é utilizada no cálculo do índice de aproveitamento e taxa de ocupação. As demais regras a serem analisadas foram checadas através de manipulações dos dados no Excel.

Quadro 14 – Lista de rotinas produzidas

Nº	Regra
Rotina 1	Dados do projeto
Rotina 2	Índice de aproveitamento, taxa de ocupação e testada
Rotina 3	Recuos e observação 21
Rotina 4	Gabarito
Rotina 5	Observação 6
Rotina 6	Observação 13

Fonte: da autora.

A primeira rotina contém as informações necessárias para que seja feita a checagem de todas as outras, pois ela é referente a extração das características de localização, zona e via do projeto, além do uso da edificação. Essas informações devem ser fornecidas manualmente durante a modelagem nos parâmetros de informações do projeto, como pode visto na Figura 11.

Figura 11 – Parâmetros de localização e uso na modelagem do projeto

The screenshot shows a 'Project Information' dialog box with the following parameters and values:

Parameter	Value
Other	
Project Issue Date	Data de emissão
Project Status	Status do projeto
Client Name	Proprietário
Project Address	Rua Francisco Mariano, S/N, Planalto, Crateús-CE
Project Name	Projeto Residencial Unifamiliar
Project Number	0001
Uso	R1
Via	Local
Zona	Área urbana - nível II

Fonte: da autora.

Para exemplificar o processo de desenvolvimento das rotinas e algumas especificidades a serem seguidas, escolheu-se a rotina dois como representativa das demais.

É importante ao início de cada rotina a inserção de algumas informações, como: qual regra a rotina checa, qual seu objetivo e os pacotes usados (conjuntos de nós personalizados desenvolvidos por terceiros para estender a funcionalidade principal do Dynamo e que precisam ser instalados manualmente). Ao final do desenvolvimento, deve ser verificado se essas informações estão corretas e completas, vale ressaltar que essa prática facilita a organização e manutenção das rotinas. A Figura 12 exemplifica as informações criadas para a rotina dois.

Figura 12 – Informações na rotina



Fonte: da autora.

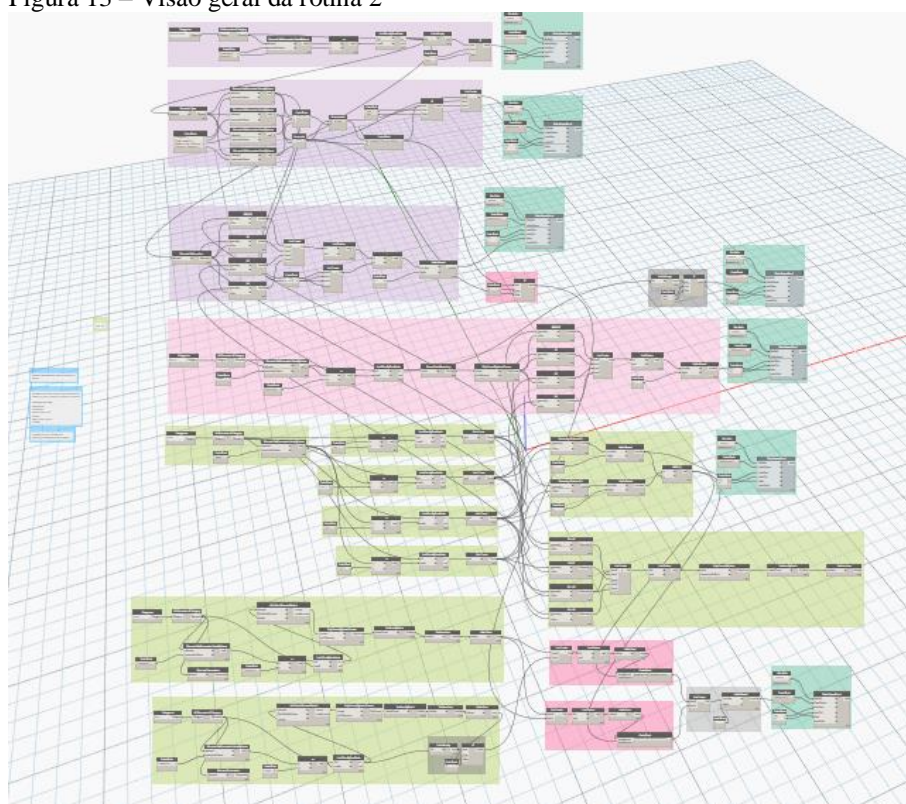
Além do desenvolvimento de pacotes, a comunidade é muito ativa através dos fóruns de discussão, em que os usuários compartilham conhecimentos, dúvidas e até mesmo rotinas. Salienta-se que o fórum específico para os usuários do Dynamo foi de grande valia no desenvolvimento dos códigos desse trabalho. Outra ferramenta bem relevante é o Dynamo Primer, que é um guia contínuo e abrangente para compartilhar os fundamentos da programação desse software, principalmente para iniciantes.

Dentro do Dynamo, ainda há a possibilidade de usar usamos programação textual em meio aos nós da programação visual, uma vez que para alguns processos como declarações condicionais e loops, a VPL pode se tornar muito longa e confusa (PRIMER, 2021). Sendo

assim, o nó *PythonScript* permite essa interação entre as linguagens, contudo, esse artifício não foi usado nesse trabalho, embora seja interessante para regras mais complexas.

Durante a criação da rotina, pode-se agrupar os nós por cores e inserir anotações sobre o que esse agrupamento de nós faz, o que é outro facilitador na organização dos dados. Para a rotina dois que pode ser visualizada na Figura 13, selecionou-se as cores azul, lilás, rosa claro, rosa escuro, verde e ciano para representar os nós relacionados as informações da rotina, as pérgulas, as piscinas, o cálculo do índice de aproveitamento e taxa de ocupação, a área dos pavimentos e área total e a parte de exportação para o Excel.

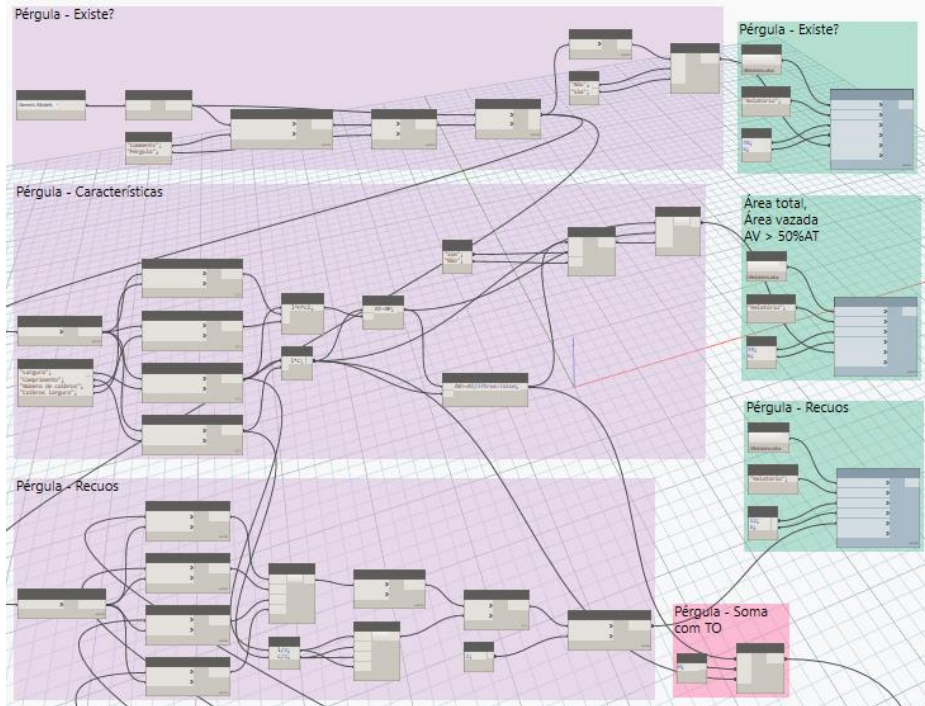
Figura 13 – Visão geral da rotina 2



Fonte: da autora.

A Figura 14 detalha a rotina dois com relação as pérgulas, em que se extrai inicialmente a informação desse elemento na edificação, posteriormente, extrai-se as características da área total e área vazada e, por fim, verifica-se a sua posição em relação aos recuos mínimos. No canto inferior direito da figura, nota-se o agrupamento rosa que verifica se a área vazada é menor que 50% da área total, caso sim esse agrupamento inclui o valor da área total da pérgula no cálculo de taxa de ocupação. Ao final, todas essas informações foram exportadas para o Excel.

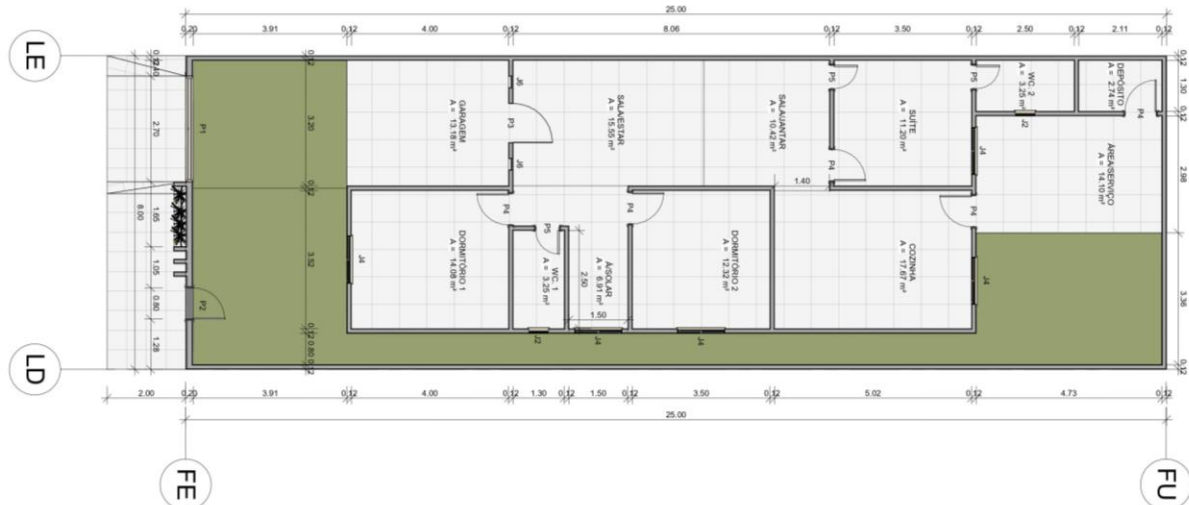
Figura 14 – Detalhe rotina 2



Fonte: da autora.

A modelagem do projeto precisa seguir padrões para extração das informações. Por exemplo, a necessidade de ajustes dos grids de delimitação do terreno, em que estes necessitam de uma nomenclatura específica (frontal - FE; lateral esquerda – LE; lateral direita – LD; fundo – FU), como pode ser visto na Figura 15. Essa informação é usada tanto para cálculo da área do terreno, como para cálculo dos recuos.

Figura 15 – Demonstração do uso dos grids para delimitação do terreno



Fonte: da autora.

Um ponto importante a ser ressaltado é que as ações e informações a serem inseridas pelos projetistas sejam simples, para impedir que o usuário forneça dados inconsistentes e o código não funcione corretamente. É interessante que esses critérios sejam sumarizados de maneira clara em um BIM Mandate, documento que irá conter todas as diretrizes de modelagem que os projetistas devem seguir.

A checagem foi feita através da extração dos valores necessários para verificação pelas rotinas criadas. As informações são exportadas para um relatório estruturado no Excel, que realiza a verificação dos valores com o permitido na legislação e classificava a regra em “aprovado”, “reprovado” ou “não se aplica”.

Como já foi citado, o primeiro passo é a execução da rotina um, que permite exportar os dados de localização, zona, via e uso para o Excel. Com isso, pode-se verificar quais as observações que se aplicam para aquela localização e uso e os valores de índice de aproveitamento, taxa de ocupação, recuos impostos pela lei, através de um banco de dados já cadastrado em planilha adjacente, como apresentado na Figura 16.

Figura 16 – Banco de dados

Valor procurado:		Área urbana - nível II, Local, R1									
Área urbana - nível I											
Local											
Uso	I.A.	T.O.	Frontal	Lateral	Fundos	Observações					
R1	1	50%	3	1,5	1,5	1	2	6	13	18	20
R2	1	50%	3	1,5	1,5	1	2	6	13	18	20

Fonte: da autora.

Assim, já tendo os valores permitidos na legislação, ao executar as rotinas produzidas, estas são capazes de preencher o valor da coluna referente ao valor de projeto, coluna quatro da Figura 17 e o Excel faz a comparação do valor de projeto com o permitido, para retornar o resultado da checagem na coluna seguinte. O relatório final produzido com todos os itens checados pode ser visto no APÊNDICE E.

Figura 17 – Recorte do relatório de checagem

Índice	Descrição	Permitido	Projeto	Checagem
Índice de aproveitamento	É o quociente entre a área parcial de todos os pavimentos do edifício e a área total do terreno.	1,00	0,68	✓ Aprovado
Taxa de Ocupação	É a relação percentual entre a área de projeção de uma edificação no plano horizontal e a área deste terreno, não sendo computados os elementos componentes das fachadas, tais como: pérgulas, jardineiras, marquises e beirais.	40%	67,77%	✗ Reprovado
Recuo frontal		3,00	4,11	✓ Aprovado
Recuo lateral esquerdo	É a distância medida entre o limite externo da projeção horizontal da edificação e a divisa do lote, sendo que o recuo de frente é medido com relação ao alinhamento ou, quando se tratar de lote limero a mais de um logradouro público, a todos os alinhamentos.	1,50	0,00	✓ Aprovado com base na observação 1
Recuo lateral direito		1,50	0,92	✗ Reprovado
Recuo de fundo		1,50	0,00	✓ Aprovado baseado na observação 2
Gabarito	É a medida que limita ou determina a altura das edificações e/ou o número de seus pavimentos;	9,00	5,45	✓ Aprovado

Fonte: da autora.

Pode-se notar que a edificação foi reprovada quanto a taxa de ocupação e a ambos os recuos laterais, mesmo sendo possível aplicar a observação 1, que permite que a edificação encoste em uma das laterais do terreno. Dessa maneira, percebe-se que os critérios básicos aplicados em qualquer cidade não estão sendo atendidos, o que corrobora com o afirmado pelos entrevistados.

A rotina dois também informa sobre as obras complementares e os resultados para o projeto em questão pode ser visto na Figura 18, como não existe piscina nem pérgula, a checagem retorna que essas regras não se aplicam para este projeto.

Figura 18 – Recorte do relatório de checagem sobre obras complementares



Piscina	Critério	Projeto	Checagem
Obra complementar existe?	Existe?	Não	Não se aplica
Obedece aos recuos de frente e de fundo mínimos obrigatórios?	Obede o recuo de frente?	-	Não se aplica
	Obede o recuo de fundos?	-	Não se aplica
Obedece ao afastamento mínimo de 0,50m de todas as divisas do lote?	Distância da frente $\geq 0,5$?	-	Não se aplica
	Distância da divisa lateral esquerda $\geq 0,5$?	-	Não se aplica
	Distância da divisa lateral direita $\geq 0,5$?	-	Não se aplica
	Distância dos fundos $\geq 0,5$?	-	Não se aplica

Pérgula	Critério	Projeto	Checagem
Obra complementar existe?	Existe?	Não	Não se aplica
A parte vazada é uniformemente distribuída por metro quadrado correspondente a 50% no mínimo da sua área de projeção?	Área total	-	Não se aplica
	Área vazada	-	
	Área vazada $\geq 50\%$ área total	-	
Obedece aos recuos mínimos obrigatórios?	Obede o recuo de frente?	-	Não se aplica
	Obede o recuo lateral esquerdo?	-	Não se aplica
	Obede o recuo lateral direito?	-	Não se aplica
	Obede o recuo de fundos?	-	Não se aplica

Fonte: da autora.

A outra regra que foi reprovada neste projeto relativa à observação 6, que impõe um acesso de 3 m para o estacionamento interno, no entanto, constatou-se que a abertura do portão foi de apenas 2,6 m, conforme Figura 19.

Figura 19 – Recorte do relatório de checagem sobre a observação 6

6	É exigida uma vaga interna de estacionamento com acesso definido conforme figura C – Anexo III.	Quantas vagas de estacionamento?	2		Aprovado
		Acesso > 3m?	2,6		Reprovado

Fonte: da autora.

Outro aspecto relevante percebido foi que é necessário um pequeno nível de informações para o funcionamento das rotinas, apenas com o desenho dos elementos básicos como paredes, pisos, telhado, portas e janelas já é possível realizar a checagem. Ou seja, um LOD 300, que é equivalente ao projeto legal no Brasil é suficiente para as regras da LUOS, o que é o esperado para a aprovação de projetos na Prefeitura.

Ainda, com isso pode-se evitar problema de escalabilidade. A interoperabilidade também não foi um problema, uma vez que se lidou apenas com o modelo BIM de arquitetura, não necessitando de outros modelos para verificação dos critérios.

Embora já se saiba que a maturidade BIM na região estudada é baixa, através do trabalho de Castro (2021), o que foi ratificado pelos projetistas entrevistados, percebe-se que esse pode ser um obstáculo para a efetiva aplicação da solução proposta, haja vista que a modelagem da edificação em softwares BIM é um requisito primordial. Espera-se, portanto, que além dos inúmeros benefícios dessa metodologia, a possibilidade de checagem automática da legislação seja mais um estímulo para o seu uso.

5 CONCLUSÃO

O presente trabalho teve como objetivo analisar a aplicabilidade da linguagem de programação visual para checagem automática de projetos em BIM conforme a Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) de Crateús, CE. Desta forma desenvolveu-se uma pesquisa seguindo a metodologia *Design Science Research* para conduzir a proposição e teste do artefato que possibilitou a análise pretendida no objetivo principal.

Neste sentido, buscou-se um profundo conhecimento do ponto de vista teórico e prático sobre o problema de pesquisa em que, por um lado, realizou-se uma revisão da literatura e análise da lei LUOS de Crateús e por outro entrevistou-se quatro profissionais atuantes no setor, um deles a analista de projetos da prefeitura de Crateús. Isto possibilitou analisar como ocorre o processo de aplicação da Lei de Uso e Ocupação dos Solos de Crateús, conforme objetivo específico a.

Desta primeira etapa pôde-se perceber que a lei não é efetivamente aplicada, e que nem todos os itens para aprovação são verificados (ou exigidos em sua integralidade). Assim, desenvolver uma ferramenta capaz de garantir a isonomia na avaliação de projetos é uma contribuição importante para a transparência do serviço público e para a promoção da qualidade do ambiente construído.

Em seguida, verificou-se que critérios de aprovação de projetos residenciais da Lei de Uso e Ocupação de Crateús podem ser checados automaticamente através de modelos BIM, conforme objetivo específico b. Pôde-se perceber que a legislação possui grande potencial de automatização como um todo por possuir critérios de média implementação computacional, de acordo com a classificação proposta por Solihin e Eastman (2015).

Com esta análise, desenvolveu-se um artefato para checagem automática de regras para a Lei de Uso e Ocupação de Crateús, por meio da programação visual no Dynamo, conforme pretendido no objetivo específico c. O artefato consistiu em desenvolver rotina para checar automaticamente os parâmetros de uma obra residencial, tipologia com maior volume de aprovações na prefeitura. Foram desenvolvidas 6 rotinas capazes de checar os principais índices urbanísticos da LUOS de Crateús (índice de aproveitamento, taxa de ocupação, testada, recuos e gabarito), bem como a extração de dados iniciais do projeto e observações que devem ser aplicadas, conforme objetivo específico d.

Pôde-se verificar como a programação visual pode ser uma grande aliada para a personalização e otimização de rotinas de análise de projetos. Constatou-se que o nível de

detalhamento foi o esperado para os projetos legais, sem a necessidade de uma extensa quantidade de informações.

Por fim, a solução proposta de checagem automática da LUOS foi aplicável, posto que o artefato desenvolvido é uma instanciação em funcionamento. Além disso, não só é um artefato viável, uma vez que devolve as informações necessárias corretamente, mas necessário, visto que é uma forma de garantir a aplicação das regras igualmente para os indivíduos e assegurar o objetivo básico dessa legislação, que é o ordenamento urbano.

Como outras oportunidades de pesquisa, tem-se a possibilidade de realizar a checagem automática para outras tipologias construtivas, uma vez que esta foi uma limitação dessa pesquisa. A avaliação do artefato produzido pelos profissionais é outra limitação do trabalho que também poderia ser implementada em trabalhos futuros. Ainda, realizar a verificação de outros regulamentos, como Normas técnicas do Corpo de Bombeiros para projetos de incêndios.

REFERÊNCIAS

- 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.
- BRASIL. Lei nº 10.406, de 10 de janeiro de 2002. Institui o Código Civil. Diário Oficial da União: seção 1, Brasília, DF, ano 139, n. 8, p. 1-74, 11 jan. 2002.
- BRASIL. Lei n 10.257, 10 de julho de 2001 – Estatuto da Cidade.
- BONAT, D. **Metodologia da Pesquisa**. In: _____ - Aulas particulares on-line do IESDE Brasil S/A. 3. ed. Curitiba: IESDE Brasil S.A. , 2009.
- 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.
- CASTRO, A. J. **ADOÇÃO BIM NA MICRORREGIÃO DOS SERTÕES DE CRATEÚS: UM DIAGNÓSTICO A PARTIR DA PERSPECTIVA DE MÚLTIPLOS STAKEHOLDERS**. 2021. 108 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Universidade Federal do Ceará, Crateús, 2021.
- CATARINA. Governo de Santa Catarina. Secretaria de Estado do Planejamento. **Caderno de apresentação de projetos BIM**. Santa Catarina: [S.n.t.], 2015. 95 p.
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO. **Fundamentos BIM - Parte 1: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016. 124p. (Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.1).
- _____. **Fundamentos BIM - Parte 3: Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras**. Brasília: CBIC, 2016. 132p. (Coletânea Implementação do BIM para Construtoras e Incorporadoras v.3).
- CÂMARA BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DA CONSTRUÇÃO; ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE INCORPORADORAS IMOBILIÁRIAS; MOVIMENTO BRASIL COMPETITIVO. **O Custo da Burocracia no Imóvel**. São Paulo: Simplíssimo Livros, 2014. 32 p.
- 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 julho de 2021.
- COOPER, D. R.; SCHINDLER, P. S. **Métodos de pesquisa em administração**. 12. ed. Porto Alegre: AMGH, 2016.

CRATEÚS. **PLANO DIRETOR DE DESENVOLVIMENTO URBANO – PDDU**. Crateús, 2001.

_____. **LEI DO PARCELAMENTO, USO E OCUPAÇÃO DO SOLO**. Crateús, 2001.

_____. **LEI DO CÓDIGO DE OBRAS E POSTURAS**. Crateús, 2001.

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.

FRANÇA, F. W. D. **Método para verificação automática de regras utilizando BIM aplicado ao código de segurança contra incêndio e pânico do Paraná (CSCIP-PR)**. 2018. (Mestrado em Engenharia Civil) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Construção Civil, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

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

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Panorama**. Brasília, 2020. Disponível em: <https://cidades.ibge.gov.br/brasil/ce/crateus/panorama>. Acesso em: 10 fev. 2022.

KEHL, C.; ISATTO, E. L. Barreiras e oportunidades para a verificação automática de regras da produção na fase de projeto com uso da tecnologia BIM. In: ENCONTRO BRASILEIRO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO E COMUNICAÇÃO NA CONSTRUÇÃO, 7., 2015, Recife. **Anais...** Porto Alegre: ANTAC, 2015.

LACERDA, D. P. *et al.* Design Science Research: A research method to production engineering. **Gestão & Produção**, v. 20, n. 4, p. 741–761, 2013.

MELLO, L. C. B. de B.; AMORIM, S. R. L. de. O subsetor de edificações da construção civil no Brasil: uma análise comparativa em relação à União Europeia e aos Estados Unidos. **Produção**, v. 19, n. 2, p. 388–399, 2009.

PRIMER, D. The Dynamo Primer. [S. l.], 2021. Available at: <https://primer.dynamobim.org/pt-br>. Acesso em: 12 out. 2021.

REINHARDT, J.; MATHEWS, M. The automation of BIM for compliance checking: a visual programming approach. In: **CITA BIM Gathering**, 2017, Dublin. 3.

RODRIGUES, J.; MARTINS, J.; RANGEL, B. Utilização de modelos BIM para a verificação automática de planos de acessibilidades. **GEQUALTEC**, 2015.

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.

SILVA, J. A. da. **Direito urbanístico brasileiro**. 6. ed. São Paulo: Malheiros Editores, 2010. 470 p.

SILVA JUNIOR, D. de S.; SANTOS, R. C. Dos; SANTOS, I. L. dos. Inovações da Indústria 4.0 na Gestão de Processos na Prestação de Serviços na Construção Civil. **Future Studies Research Journal: Trends and Strategies**, v. 12, n. 3, p. 394–415, 2020.

SOLIHIN, W.; DIMYADI, J.; LEE, Y. In Search of Open and Practical Language-Driven BIM- based Automated Rule Checking Systems. In: Proceedings of the 35th CIB W78 2018, **Anais...Conference: IT in Design, Construction, and Management**, 2018.

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>>.

VAISHNAVI, V.; KUECHLER, B.; PETTER, S. Design Science Research in Informaiton System. [S. l.], 2004. Disponível em: <<https://doi.org/10.1007/978-3-642-29863-9>>. Acesso em: 15 de agosto de 2021.

VAZ, J. C. Legislação de uso e ocupação do solo. **Dicas Pólis**, v. 77, 1996. Disponível em: <<https://polis.org.br/publicacoes/legislacao-de-uso-e-ocupacao-do-solo/>>. Acesso em: 27 de julho de 2021.

WAHBEH, W. Building skins, parametric design tools and BIM platforms. In: 12th Conference of Advanced Building Skins, **Anais...2017**.

APÊNDICE A - CARACTERIZAÇÃO DO PROCESSO DE APROVAÇÃO DE PROJETOS EM CIDADES DE PEQUENO PORTE (ANALISTA DE PROJETOS)

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**, que está sendo desenvolvido na Universidade Federal do Ceará pelos alunos Rafaelly Beserra Alves, Stelamaris Alves de Siqueira e José David da Silva Monte da Silva sob a orientação do Prof. Luis Cândido.

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 segunda 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?**
 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? (por tipos de projeto, como residencial, comercial, etc.)**
 8. **Quantos são aprovados em primeira análise, reprovados ou revisões são solicitadas?**
 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, 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 terceira 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 (ex.: norma de acessibilidade)?**
 - 20. Quais as principais dificuldades que você enxerga acerca da verificação de projetos?
Quais as oportunidades de melhoria?**

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?**

<input type="checkbox"/> Obras residenciais classe A	<input type="checkbox"/> Obras públicas (Habitação de Interesse Social)
<input type="checkbox"/> Obras residenciais classe B	<input type="checkbox"/> Obras públicas de infraestrutura
<input type="checkbox"/> Obras residenciais classe C	<input type="checkbox"/> Obras privadas de Infraestrutura
<input type="checkbox"/> Obras comerciais	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Obras industriais	<input type="checkbox"/>
<input type="checkbox"/> Obras públicas (edificações)	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 ($250 < \text{área construída (m}^2) \leq 1.000$; $100.000 < \text{faturamento bruto anual (R\$)} \leq 200.000$; $6 < \text{Funcionários} \leq 50$);
 - 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 contrata?
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 segunda 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 (ex.: a norma de acessibilidade)?

20. Que tipos de licenciamento geralmente você solicita?

21. Todas são emitidas pelo mesmo setor? (ex.: secretaria de arrecadação)

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

APÊNDICE C - CATEGORIAS DE USO DAS EDIFICAÇÕES

Usos	Sigla	Características básicas
Residencial 1	R1	Edificações projetadas para a habitação permanente de uma família
Residencial 2	R2	Edificações projetadas para a habitação permanente de duas famílias em um mesmo lote
Residencial 3	R3	Edificações projetadas para a habitação permanente de mais de duas famílias em um mesmo lote, agrupadas verticalmente
Misto 1	M1	É o uso no mesmo lote de uma edificação classificada como residencial 1 com uma edificação destinada a comércio ou serviço com área de até 150,00 m ²
Misto 2	M2	É o uso no mesmo lote de uma edificação classificada como residencial 2 com uma edificação destinada a comércio ou serviço até 150,00m ²
Misto 3	M3	É o uso no mesmo lote de uma edificação classificada como residencial 3 com uma edificação destinada a comércio ou serviço até 150,00m ²
Misto 4	M4	É o uso no mesmo lote de uma edificação classificada como residencial 3 com uma edificação destinada a comércio ou serviço até 1.500,00m ²
Comércio e serviços 1	CS1	As edificações destinadas a abrigar atividades comerciais e de prestações de serviços com área total construída de até 150,00 m ²
Comércio e serviços 2	CS2	As edificações destinadas a abrigar atividades comerciais e de prestações de serviços com área total construída de 150,00m ² até 1.500,00m ²
Comércio e serviços 3	CS3	As edificações destinadas a abrigar atividades comerciais e de prestações de serviços com área total construída maior que 1.500,00m ²
Industrial 1	I1	São os estabelecimentos industriais que não produzem poluição ambiental, podem adotar parâmetros semelhantes as atividades de comércio e serviços, sendo a área de construção máxima permitida de 150,00m ²
Industrial 2	I2	São os estabelecimentos industriais que podem produzir poluição ambiental necessitando, portanto, de monitoramento, necessitam de parâmetros específicos, sendo a área de construção máxima igual a 1.500,00 m ²
Industrial 3	I3	São os estabelecimentos industriais classificados como de alto índice poluidor pelo órgão estadual de meio-ambiente e que terão seus usos autorizados pelo Conselho de Desenvolvimento Urbano

APÊNDICE D - TRADUÇÃO DOS CRITÉRIOS EM ALGORITMOS PARA A CRIAÇÃO DAS ROTINAS

Nº: 1		Indicador: Índice de aproveitamento				Classe: 2		
Referência: Anexo I			Descrição: É o quociente entre a área parcial de todos os pavimentos do edifício e a área total do terreno					
Entrada			Processamento:		Saída:			
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado		
Valor	Área total do terreno	At	Cálculo do índice de aproveitamento	$Ia = \frac{Ap, n}{At}$	Índice de aproveitamento da edificação	Ia		
Valor	Área parcial de todos os pavimentos	Ap, n						
Valor	Índice de aproveitamento máximo	Ia, máx	Verificação da conformidade com a LUOS	$Ia > Ia, máx$	Compara com o valor estabelecido para edificação	Conforme/ Não conforme		

Nº: 2		Indicador: Taxa de ocupação				Classe: 2		
Referência: Anexo I			Descrição: é a relação percentual entre a área de projeção de uma edificação no plano horizontal e a área deste terreno, não sendo computados os elementos componentes das fachadas, tais como: pérgulas, jardineiras, marquises e beirais					
Entrada			Processamento:		Saída:			
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado		
Valor	Área total do terreno	At	Cálculo da taxa de ocupação	$To = \frac{At}{Ap, n}$	Taxa de ocupação da edificação	To		
Valor	Área de projeção da edificação no plano horizontal	Ap, n						
Valor	Taxa de ocupação máxima máximo	To, máx	Verificação da conformidade com a LUOS	$To > To, máx$	Compara com o valor estabelecido pela edificação	Conforme/ Não conforme		

Nº: 3		Indicador: Recuos				Classe: 2	
Referência: Anexo I			Descrição: é a distância medida entre o limite externo da projeção horizontal da edificação e a divisa do lote, sendo que o recuo de frente é medido com relação ao alinhamento ou, quando se tratar de lote lindeiro a mais de um logradouro público, a todos os alinhamentos.				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Distância entre o limite externo da projeção horizontal da edificação e a divisa do lote.	R	Obtenção do valor do recuo	R	Valor do recuo	R	
Valor	Distância entre o limite externo da projeção horizontal da edificação e a divisa do lote.	R, máx	Verificação da conformidade com a LUOS	$R > R, \text{ máx}$	Compara com o valor estabelecido pela edificação	Conforme/ Não conforme	

Nº: 4		Indicador: Observação 1				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: Os dois primeiros pavimentos são permitidos encostar em uma das divisas laterais respeitados os demais parâmetros de ocupação do solo e as condições mínimas de ventilação e iluminação prevista no código de obras e posturas e o atendimento do Código Civil. O ponto mais alto da cobertura não poderá ultrapassar a cota de 9,00 m (nove metros).				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Recuo lateral	Rlat	Verificar o recuo lateral no 1º pavimento	Pav. 1	Caso o recuo for menor que o mínimo em apenas um dos lados, aprovar os recuos laterais.	Conforme/ Não se aplica	
Valor	Recuo lateral mínimo	Rlat, mín		$Rlat \leq Rlat, \text{ mín}$			
Valor	Altura da cobertura	Hcob	Verificar o recuo lateral no 2º pavimento	Pav. 2	Caso o recuo for menor que o mínimo em apenas um dos lados, aprovar os recuos laterais.	Conforme/ Não se aplica	
-	-	-	Calcular o ponto mais alto da cobertura	$Hcob < 9m$			Compara com o valor estabelecido pela edificação.

Nº: 5		Indicador: Observação 2				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: No pavimento térreo poderá haver ocupação do recuo de fundo respeitadas a taxa de ocupação e o índice de aproveitamento, e as condições mínimas de ventilação e iluminação prevista no código de obras, e posturas, e o atendimento do código civil.				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Recuo de fundo	Rfun	Verificar o recuo dos fundos	Pav. térreo $Rfun \leq Rfun, \text{mín}$	Caso o recuo for menor que o mínimo, aprovar o recuo de fundo.	Conforme/ Não se aplica	
Valor	Recuo de fundo mínimo	Rfun, mín					

Nº: 6		Indicador: Observação 6				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: É exigida uma vaga interna de estacionamento com acesso definido conforme figura C – Anexo III.				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Quantidade de vagas de estacionamento	Nvag	Número de vagas é maior que 1?	$Nvag \geq 1$	Verificar se o número de vagas de estacionamento é maior que 1.	Conforme/ Não conforme	
Valor	Largura de acesso a edificação	Lent	Largura de acesso a edificação é maior que 3 m?	$Lent \geq 3 m$	Verificar se largura para o acesso a edificação é maior ou igual a 3 m.	Conforme/ Não conforme	

Nº: 7		Indicador: Observação 13				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: Será permitido balanço de 1,00 m (um metro) nos recuos de frente, observada a altura mínima de 3,00 m (três metros) do nível do passeio por onde existe acesso. Quando o recuo for igual ou superior a 7,00 m (sete metros) o balanço poderá ser de até 2,00 m (dois metros).				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Recuo de frente	Rfren	Recuo é maior que 7m?	$Rfren \geq 7m$	Verificar se o recuo de frente é maior que 7m.	Continuar/ Não se aplica	
Valor	Largura balanço	Lbal	A largura do balanço é menor que o permitido?	$Rfren < 7m$ $Lbal < 1m$ $Rfren \geq 7m$ $Lbal < 2m$	Largura do balanço.	Conforme/ Não conforme	
Valor	Altura da marquise para o nível do passeio	Hmar	Altura da marquise para o nível do passeio é menor que 3m?	$Hmar < 3m?$	Altura da marquise para o nível do passeio	Conforme/ Não conforme	

Nº: 8		Indicador: Observação 18				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: Lotes com testadas inferiores a 8,00 m (oito metros) estão isentos da obrigatoriedade de vagas internas para estacionamento.				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Testada	Test	Testada é menor que 8m?	Test < 8m	Verificar tamanho da testada.	Continuar/ Não se aplica	
Valor	Vagas internas de estacionamento	Vint		Vint > 1	Caso a testada for menor que 8m, não são necessárias vagas internas de estacionamento.	Conforme/ Não conforme	

Nº: 9		Indicador: Observação 20				Classe: 2	
Referência: Anexo II			Descrição: Em qualquer caso, sendo o recuo interior a 1,50 m (um metro e cinquenta) observar-se-á o disposto no art. 573 do código civil.				
Entrada			Processamento:		Saída:		
Fonte	Descrição	Abr.	Processo	Fórm.	Descrição	Resultado	
Valor	Recuo lateral	Rlat	Verificar o recuo lateral	$Rlat \leq 1,5m$	Caso o recuo for menor 1,5m, observar-se-á o disposto no código civil	Se aplica/Não se aplica	

Referência: Capítulo IV, Seção III, COP			Classe: 2	
Obras complementares: Piscinas e caixas d'águas enterradas				
Referência	Processamento	Resposta	Resultado	
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica	
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento do lote.	
Art. 26 - Parágrafo Único	Obedece aos recuos de frente e de fundo mínimos obrigatórios?	Não	Não conforme	
		Sim	Conforme	
Art. 33	Obedece ao afastamento mínimo de 0,50m de todas as divisas do lote?	Não	Não conforme	
		Sim	Conforme	

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Chaminés			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento do lote.
Art. 26 - Parágrafo Único	Obedece aos recuos de frente, de fundo e lateral mínimos obrigatórios?	Não	Não conforme
		Sim	Conforme

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Torres			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento do lote.
Art. 26 - Parágrafo Único	Obedece aos recuos de frente, de fundo e lateral mínimos obrigatórios?	Não	Não conforme
		Sim	Conforme
Art. 36	Obedece ao afastamento mínimo das divisas e do alinhamento de 1/5 de sua altura e maior que 1,5m?	Não	Não conforme
		Sim	Conforme

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Antenas			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento do lote
Art. 36	Obedece ao afastamento mínimo das divisas e do alinhamento de 1/5 de sua altura e maior que 1,5m?	Não	Não conforme
		Sim	Conforme

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Abrigo			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo do índice de aproveitamento do lote.
Art. 27 - III	Obedece ao recuo de frente mínimo obrigatório?	Não	Não conforme
		Sim	Conforme
Art. 27 - IV	Área menor que 12,5 m ² ?	Não	Área computada na taxa de ocupação.
		Sim	Área não computada na taxa de ocupação.
Art. 28 - Parágrafo único	Abrigo simples para registro ou medidor?	Não	
		Sim	Poderá ocupar as faixas decorrentes dos recuos mínimos obrigatórios das divisas do alinhamento.

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Pérgula			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo do índice de aproveitamento do lote.
Art. 26 Art. 29	A parte vazada é uniformemente distribuída por metro quadrado correspondente a 50% no mínimo da sua área de projeção?	Não	Projeção incluída no cálculo da taxa de ocupação.
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e poderá ocupar os recuos mínimos obrigatórios.

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Portarias, guaritas e abrigos			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo do índice de aproveitamento do lote.
Art. 26 Art. 30	<ul style="list-style-type: none"> • Pé direito maior que 2,2m? • Dimensões menores que 3m? • Área menor que o correspondente a 1% da área do lote, e menor que 9,00m²? • Altura máxima menor que 4m? 	Não	Não poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios.
		Sim	Poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios.

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Bilheteria			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo do índice de aproveitamento do lote
Art. 26 Art. 31	<ul style="list-style-type: none"> • Pé direito maior que 2,2m? • Dimensões menores que 3m? • Área menor que o correspondente a 1% da área do lote, e menor que 9,00m²? • Altura máxima menor que 3,2m? 	Não	Não poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios
		Sim	poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Toldos			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo do índice de aproveitamento do lote
Art. 26 Art. 38	<ul style="list-style-type: none"> • Pé direito maior que 2,2m? • Altura máxima menor que 3,2m? • Largura menores que 1m? • Largura maior que 3m? • se forem previstas mais de uma, a soma das suas larguras não é superior a 1/3 da dimensão da fachada na face considerada? 	Não	Não poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios
		Sim	poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios

Referência: Art. 24 COP		Classe: 2	
Obras complementares: Passagens cobertas			
Referência	Processamento	Resposta	Resultado
Art. 25	Existe?	Não	Não se aplica
		Sim	Continuar, não serão consideradas para efeito do cálculo da taxa de ocupação e do índice de aproveitamento do lote.
Art. 38 - Parágrafo único	<ul style="list-style-type: none"> • Pé direito maior que 2,2m? • Altura máxima menor que 3,2m? • Largura menores que 1m? • Largura maior que 3m? • se forem previstas mais de uma, a soma das suas larguras não é superior a 1/3 da dimensão da fachada na face considerada? 	Não	Não poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios.
		Sim	Poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios.
Art. 26/Art. 39 - Prédios no alinhamento	<ul style="list-style-type: none"> • Acima no mínimo 2,2m do nível do passeio? • Balanço menor que 3m e menor que 3/4 da largura do passeio? • Armações não fixas no passeio? 	Não	Não poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios
		Sim	Poderão ser localizados nas faixas de recuos mínimos obrigatórios
Art. 28 - Parágrafo único Art. 25	Prejudica a arborização, iluminação, visibilidade de placas de nomenclatura de vias ou numeração dos prédios?	Não	
		Não	Não se aplica

APÊNDICE E – RELATÓRIO DE CHECAGEM PROPOSTO

Relatório de checagem da Lei de Uso e Ocupação dos Solos (LUOS) de Crateús				
Dados de localização da residência				
Localização:	Rua Francisco Mariano, S/N, Planalto, Crateús-CE			
Zona:	Área urbana - nível II			
Via:	Local			
Uso:	R1			
Observações da LUOS:	1, 2, 6, 13, 18, 20			

Índice	Descrição	Permitido	Projeto	Checagem
Índice de aproveitamento	É o quociente entre a área parcial de todos os pavimentos do edifício e a área total do terreno.	1,00	0,68	✔ Aprovado
Taxa de Ocupação	É a relação percentual entre a área de projeção de uma edificação no plano horizontal e a área deste terreno, não sendo computados os elementos componentes das fachadas, tais como: pérgulas, jardineiras, marquises e beirais.	40%	67,77%	✘ Reprovado
Recuo frontal		3,00	4,11	✔ Aprovado
Recuo lateral esquerdo	É a distância medida entre o limite externo da projeção horizontal da edificação e a divisa do lote, sendo que o recuo de frente é medido com relação ao alinhamento ou, quando se tratar de lote limdeiro a mais de um logradouro público, a todos os alinhamentos.	1,50	0,00	✔ Aprovado com base na observação 1
Recuo lateral direito		1,50	0,92	✘ Reprovado
Recuo de fundo		1,50	0,00	✔ Aprovado baseado na observação 2
Gabarito	É a medida que limita ou determina a altura das edificações e/ou o número de seus pavimentos;	9,00	5,45	✔ Aprovado

Observações	Critério	Projeto	Checagem
1	1º pavimento Rlat ≤ Rlat,mín?	Ambos os recuos são menores que o permitido.	✘ Reprovado
	2º pavimento Rlat ≤ Rlat,mín em apenas 1 lado?	Não se aplica	Não se aplica
	Hcob < 9m?	5,45 < 9m	✔ Aprovado
2	Pavimento térreo Rfun ≤ Rfun,mín?	Recuo menor que o mínimo.	✔ Aprovado
6	Quantas vagas de estacionamento?	2	✔ Aprovado
	Acesso > 3m?	2,6	✘ Reprovado
13	Possui marquise?	Não	Não se aplica
	Recuo > 7m?	-	Não se aplica
	Largura da marquise?	-	Não se aplica
	Altura do nível do passeio > 3m?	-	Não se aplica

18	Lotes com testadas inferiores a 8,00 m (oito metros) estão isentos da obrigatoriedade de vagas internas para estacionamento.	Tamanho da testada?	8,00	Não se aplica
		Vagas de estacionamento?	2	Não se aplica
20	Em qualquer caso, sendo o recuo interior a 1,50 m (um metro e cinquenta) observar-se-á o disposto no art. 573 do código civil.	Recuo lateral direito < 1,5m?	Sim	Se aplica
		Recuo lateral esquerdo < 1,5m?	Sim	Se aplica

Obra complementar:	Piscina	Critério	Projeto	Cheagem
Art. 25 (COP)	Obra complementar existe?	Existe?	Não	Não se aplica
Art. 26 - Parágrafo Único (COP)	Obedece aos recuos de frente e de fundo mínimos obrigatórios?	Obede o recuo de frente?	-	Não se aplica
		Obede o recuo de fundos?	-	Não se aplica
Art. 33 (COP)	Obedece ao afastamento mínimo de 0,50m de todas as divisas do lote?	Distância da frente $\geq 0,5$?	-	Não se aplica
		Distância da divisa lateral esquerda $\geq 0,5$?	-	Não se aplica
		Distância da divisa	-	Não se aplica
		Distância dos fundos $\geq 0,5$?	-	Não se aplica

Obra complementar:	Pérgula	Critério	Projeto	Cheagem
Art. 25 (COP)	Obra complementar existe?	Existe?	Não	Não se aplica
Art. 26 (COP) Art. 29 (COP)	A parte vazada é uniformemente distribuída por metro quadrado correspondente a 50% no mínimo da sua área de projeção?	Área total	-	Não se aplica
		Área vazada	-	
		Área vazada $\geq 50\%$ área total	-	
Art. 26 - Parágrafo Único (COP)	Obedece aos recuos mínimos obrigatórios?	Obede o recuo de frente?	-	Não se aplica
		Obede o recuo lateral esquerdo?	-	Não se aplica
		Obede o recuo lateral direito?	-	Não se aplica
		Obede o recuo de fundos?	-	Não se aplica