

Cidades Inteligentes

e Práticas Sustentáveis

Adriano Mesquita Soares
(Organizador)



Direção Editorial

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Organizador

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares

Capa

AYA Editora

Revisão

Os Autores

Executiva de Negócios

Ana Lucia Ribeiro Soares

Produção Editorial

AYA Editora

Imagens de Capa

br.freepik.com

Área do Conhecimento

Ciências Sociais Aplicadas

Conselho Editorial

Prof.º Dr. Adilson Tadeu Basquerote Silva

Universidade para o Desenvolvimento do Alto Vale do Itajaí

Prof.º Dr. Aknaton Toczec Souza

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Andréa Haddad Barbosa

Universidade Estadual de Londrina

Prof.ª Dr.ª Andreia Antunes da Luz

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Argemiro Midonês Bastos

Instituto Federal do Amapá

Prof.º Dr. Carlos López Noriega

Universidade São Judas Tadeu e Lab. Biomecatrônica - Poli - USP

Prof.º Me. Clécio Danilo Dias da Silva

Centro Universitário FACEX

Prof.ª Dr.ª Daiane Maria De Genaro Chirolí

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Danyelle Andrade Mota

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Déborah Aparecida Souza dos Reis

Universidade do Estado de Minas Gerais

Prof.ª Ma. Denise Pereira

Faculdade Sudoeste – FASU

Prof.ª Dr.ª Eliana Leal Ferreira Hellvig

Universidade Federal do Paraná

Prof.º Dr. Emerson Monteiro dos Santos

Universidade Federal do Amapá

Prof.º Dr. Fabio José Antonio da Silva

Universidade Estadual de Londrina

Prof.º Dr. Gilberto Zammar

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Helenadja Santos Mota

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, IF Baiano - Campus Valença

Prof.ª Dr.ª Heloísa Thaís Rodrigues de Souza

Universidade Federal de Sergipe

Prof.ª Dr.ª Ingridi Vargas Bortolaso

Universidade de Santa Cruz do Sul

Prof.ª Ma. Jaqueline Fonseca Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Jéssyka Maria Nunes Galvão

Faculdade Santa Helena

Prof.º Dr. João Luiz Kovaleski

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. João Paulo Roberti Junior

Universidade Federal de Roraima

Prof.º Me. Jorge Soistak

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. José Enildo Elias Bezerra

Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Ceará, Campus Ubajara

Prof.º Me. José Henrique de Goes

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.ª Dr.ª Karen Fernanda Bortoloti

Universidade Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Leozenir Mendes Betim

Faculdade Sagrada Família e Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.ª Ma. Lucimara Glap

Faculdade Santana

Prof.º Dr. Luiz Flávio Arreguy Maia-Filho

Universidade Federal Rural de Pernambuco

Prof.º Me. Luiz Henrique Domingues

Universidade Norte do Paraná

Prof.º Dr. Milson dos Santos Barbosa

Instituto de Tecnologia e Pesquisa, ITP

Prof.º Dr. Myller Augusto Santos Gomes

Universidade Estadual do Centro-Oeste

Prof.ª Dr.ª Pauline Balabuch

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Me. Pedro Fauth Manhães Miranda

Centro Universitário Santa Amélia

Prof.º Dr. Rafael da Silva Fernandes

*Universidade Federal Rural da Amazônia, Campus
Pauapebas*

Prof.ª Dr.ª Regina Negri Pagani

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.º Dr. Ricardo dos Santos Pereira

Instituto Federal do Acre

Prof.ª Ma. Rosângela de França Bail

Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais

Prof.º Dr. Rudy de Barros Ahrens

Faculdade Sagrada Família

Prof.º Dr. Saulo Cerqueira de Aguiar Soares

Universidade Federal do Piauí

Prof.ª Dr.ª Silvia Aparecida Medeiros

Rodrigues

Faculdade Sagrada Família

Prof.ª Dr.ª Silvia Gaia

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Sueli de Fátima de Oliveira Miranda

Santos

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

Prof.ª Dr.ª Thaisa Rodrigues

Instituto Federal de Santa Catarina

Prof.º Dr. Valdoir Pedro Wathier

*Fundo Nacional de Desenvolvimento Educacional,
FNDE*

© 2022 - **AYA Editora** - O conteúdo deste Livro foi enviado pelos autores para publicação de acesso aberto, sob os termos e condições da Licença de Atribuição *Creative Commons* 4.0 Internacional (**CC BY 4.0**). As ilustrações e demais informações contidas nos capítulos deste Livro, bem como as opiniões nele emitidas são de inteira responsabilidade de seus autores e não representam necessariamente a opinião desta editora.

C5689 Cidades inteligentes e práticas sustentáveis [recurso eletrônico]. / Adriano Mesquita Soares (organizador) -- Ponta Grossa: Aya, 2022. 63 p.

Inclui biografia
Inclui índice
Formato: PDF
Requisitos de sistema: Adobe Acrobat Reader
Modo de acesso: World Wide Web
ISBN: 978-65-5379-109-1
DOI: 10.47573/aya.5379.2.118

1. Cidades e vilas - Inovações tecnológicas. 2 Planejamento urbano - Inovações tecnológicas. 3. Cidades inteligentes. 4. Comunicação no planejamento urbano. 5. Ecologia urbana (Sociologia). I. Soares, Adriano Mesquita. II. Título

CDD: 307.1

Ficha catalográfica elaborada pela bibliotecária Bruna Cristina Bonini - CRB 9/1347

International Scientific Journals Publicações de Periódicos e Editora EIRELI

AYA Editora©

CNPJ: 36.140.631/0001-53
Fone: +55 42 3086-3131
E-mail: contato@ayaeditora.com.br
Site: <https://ayaeditora.com.br>
Endereço: Rua João Rabello Coutinho, 557
Ponta Grossa - Paraná - Brasil
84.071-150

SUMÁRIO

Apresentação.....7

01

O uso da tecnologia como estratégia na construção de cidades inteligentes e sustentáveis.....8

Diego Ferreira Leite da Silva
Eduardo Camargo da Silva
Nadyne Louise da Silva Chure

DOI: 10.47573/aya.5379.2.118.1

02

Identificação de áreas com risco de inundação do município de Cataguases/MG.....16

Rafael Aldighieri Moraes

DOI: 10.47573/aya.5379.2.118.2

03

Como o aumento de utilização de energias renováveis é um fator para a redução de custos não somente para o consumidor final e sim para as concessionárias.....32

Alexandre Contar Fernandes

DOI: 10.47573/aya.5379.2.118.3

04

**Plataforma BIM: uma tendência na construção .
.....42**

Renato Willyames Xavier da Silva
Allan Junior Alves Siqueira
Allan Keven Bragado Brasil
Amanda Duarte Silva de Araujo
Morelia da Silveira Vargas
Jeffesson Garcia Barbosa Ribeiro
Alex Gomes Pereira

DOI: 10.47573/aya.5379.2.118.3

05

Aplicação do método Muskingum de propagação de cheias para as bacias dos rios Jotuba e Pitangui em Ponta Grossa – PR para cenários de urbanização48

Guilherme Sandaka
Alceu Gomes de Andrade Filho
Eveline Janik Brik

DOI: 10.47573/aya.5379.2.118.5

Organizador60

Índice Remissivo61

Apresentação

Apresentar um livro é sempre uma responsabilidade e muito desafiador, principalmente por nele conter tanto de cada autor, de cada pesquisa, suas aspirações, suas expectativas, seus achados e o mais importante de tudo a disseminação do conhecimento produzido cientificamente.

Nesta coletânea de ***Cidades inteligentes e práticas sustentáveis***, abrange alguns temas ligados a cidades inteligentes e sustentabilidade, refletindo a percepção de alguns autores.

Portanto, a organização deste livro é resultado dos estudos desenvolvidos por diversos pesquisadores e que tem como finalidade ampliar o conhecimento aplicado à área de cidades inteligentes e sustentabilidade evidenciando o quão presente ela se encontra em diversos contextos organizacionais e profissionais, em busca da disseminação do conhecimento e do aprimoramento das competências profissionais e acadêmicas.

Este volume traz cinco (5) capítulos com as mais algumas temáticas e discussões, as quais mostram cada vez mais a necessidade de pesquisas voltadas para área de cidades inteligentes e suas práticas sustentáveis. Os estudos abordam discussões como: uso da tecnologia como estratégia na construção de cidades inteligentes e sustentáveis; identificação de áreas com risco de inundação; aumento de utilização de energias renováveis; Plataforma BIM e por fim, um estudo sobre a aplicação do método Muskingum de propagação de cheias para as bacias dos rios Jotuba e Pitangui em Ponta Grossa – PR para cenários de urbanização.

Por esta breve apresentação percebe-se o quão diverso, profícuo e interessante são os artigos trazidos para este volume, aproveito o ensejo para parabenizar os autores aos quais se dispuseram a compartilhar todo conhecimento científico produzido.

Espero que de uma maneira ou de outra os leitores que tiverem a possibilidade de ler este volume, tenham a mesma satisfação que senti ao ler cada capítulo.

Boa leitura!

Prof.º Dr. Adriano Mesquita Soares
Editor Chefe

O uso da tecnologia como estratégia na construção de cidades inteligentes e sustentáveis

The use of technology as a strategy in building smart and sustainable cities

Diego Ferreira Leite da Silva

Graduando em Engenharia de Controle e Automação, UFMT – Campus Várzea Grande, Cuiabá, Brasil

Eduardo Camargo da Silva

Graduando em Engenharia de Transportes, UFMT – Campus Várzea Grande, Cuiabá, Brasil,

Nadyne Louise da Silva Chure

Graduanda em Engenharia de Transportes, UFMT – Campus Várzea Grande, Cuiabá, Brasil

DOI: [10.47573/aya.5379.2.118.1](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.118.1)

RESUMO

Em decorrência das alterações significativas que as cidades vêm sofrendo nos últimos anos, principalmente em razão do avanço da tecnologia e seus efeitos, o tema a respeito das cidades inteligentes e sustentáveis ganha destaque, sendo alvo de debates e discussões. Essa expressão designa a utilização de tecnologias em prol da gestão de recursos das cidades, visando assegurar o desenvolvimento sustentável, que abrange os aspectos econômico, social e ambiental. Nesse sentido, o presente estudo pretende analisar as cidades inteligentes e o desenvolvimento sustentável no cenário de países desenvolvidos e em desenvolvimento, buscando compreender casos de inovações em serviços e a contribuição desses estudos para a melhoria da gestão das cidades inteligentes no Brasil, suscitando a reflexão quanto à gestão dos recursos nas cidades. Para a realização da pesquisa, utilizou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica, por meio da qual foram selecionados materiais previamente elaborados e publicados pertinentes à temática proposta. Assim, foram utilizadas obras doutrinárias e artigos científicos. Além disso, realizou-se um estudo a respeito dos casos de inovações no Brasil e no mundo a respeito do tema em questão. Concluiu-se que a reflexão e implementação de cidades inteligentes e sustentáveis é medida que se impõe no século XXI, em decorrência das problemáticas enfrentadas pelas cidades na atualidade.

Palavras-chave: cidades inteligentes. tecnologia. sustentabilidade. desenvolvimento sustentável.

ABSTRACT

Due to the significant changes that cities have been undergoing in recent years, mainly due to the advance of technology and its effects, the theme about smart and sustainable cities is highlighted, being the subject of debates and discussions. This expression designates the use of technologies in favor of the management of resources of cities, aiming to ensure sustainable development, which covers the economic, social and environmental aspects. In this sense, this study aims to analyze smart cities and sustainable development in the scenario of developed and developing countries, seeking to understand cases of innovations in services and the contribution of these studies to the improvement of the management of smart cities in Brazil, raising the reflection on the management of resources in cities. To carry out the research, we used the bibliographic research methodology, through which previously elaborated and published materials relevant to the proposed theme were selected. Thus, doctrinal works and scientific articles were used. In addition, a study was conducted on the cases of innovations in Brazil and in the world on the subject in question. It was concluded that the reflection and implementation of smart and sustainable cities is a measure that is imposed in the 21st century, due to the problems faced by cities today.

Keywords: smart cities. technology. sustainability. sustainable development.

INTRODUÇÃO

Os inúmeros problemas pelos quais as cidades vêm enfrentando nos últimos tempos demanda uma reformulação de suas políticas públicas, a fim de proporcionar a qualidade de vida da população e o desenvolvimento sustentável, compatibilizando esses aspectos com a

continuidade do desenvolvimento econômico e social. Isso porque, em razão do processo de urbanização acelerado que acontece nos últimos anos, as cidades enfrentam problemas sociais, econômicos e ambientais, como o congestionamento de veículos, a poluição do ar, da água e do solo, a poluição sonora, a escassez de recursos, entre outros.

Esse cenário exige, com significativa urgência, a reflexão e a análise a respeito das medidas necessárias para superar essas problemáticas. Desse contexto, surge o conceito de cidades inteligentes e sustentáveis, as quais, aliadas à tecnologia e seus recursos, permitem o controle de operações e a otimização dos recursos que se apresentam como escassos. Dessa maneira, por intermédio das tecnologias emergentes, as cidades inteligentes fazem uso de ferramentas, instrumentos e recursos, a fim de proporcionar a sua própria reinvenção, garantindo a qualidade de vida dos cidadãos e a compatibilização do crescimento econômico com o desenvolvimento sustentável.

Diante disso, o presente trabalho pretende analisar as cidades inteligentes e o desenvolvimento sustentável no cenário de países desenvolvidos e em desenvolvimento, buscando compreender casos de inovações em serviços e a contribuição desses estudos para a melhoria da gestão das cidades inteligentes no Brasil, suscitando a reflexão quanto à gestão dos recursos nas cidades.

Para a realização da pesquisa, utilizou-se a metodologia de pesquisa bibliográfica, por meio da qual foram selecionados materiais previamente elaborados e publicados pertinentes à temática proposta. Assim, utilizou-se obras doutrinárias e artigos científicos, buscados com os seguintes descritores: “cidades inteligentes”, “cidades inteligentes e sustentáveis”. Para a busca de artigos científicos, foram utilizadas as bases de dados Scielo e Google Acadêmico.

Assim, visando atingir o objetivo proposto, o presente estudo encontra-se dividido em introdução, desenvolvimento e conclusão, sendo que o desenvolvimento apresenta a metodologia de pesquisa e o referencial teórico, que embasa teoricamente o trabalho, com fundamento nos materiais utilizados a respeito da temática.

DESENVOLVIMENTO

Metodologia de pesquisa

Segundo Vergara (2009) existem diversos tipos de pesquisas que são divididos em dois critérios básicos que se denominam quanto aos fins e quanto aos meios de pesquisa.

Desta feita, ao classificar uma pesquisa, o pesquisador deve informar a linha de raciocínio utilizada para obter os resultados apresentados, contribuindo para o seu direcionamento e para a otimização do entendimento, processamento e do uso destes para outros estudiosos. Nesse sentido, a metodologia escolhida para o desenvolvimento do trabalho, quanto aos meios, será bibliográfica.

A pesquisa bibliográfica é desenvolvida com base em material já elaborado e acessível de alguma forma. A principal vantagem dessa pesquisa, de acordo com Gil (2002) é que, com base nesse método, permite-se ao investigador a cobertura de diversos fenômenos de forma mais ampla do que aquela à qual poderia pesquisar de forma direta. Essa vantagem torna-se

extremamente relevante quando o problema de pesquisa requer dados muito dispersos pelo espaço.

Essa pesquisa se desenvolve de acordo com uma série de etapas, sendo que o número e o encadeamento dessas etapas dependem da natureza do problema, do nível de conhecimentos que o pesquisador dispõe sobre o assunto, o grau de precisão que se pretende conferir à pesquisa, entre outros. As etapas dessa pesquisa são: escolha do tema, levantamento bibliográfico preliminar, formulação do problema, elaboração do plano provisório de assunto, busca das fontes, leitura do material, fichamento, organização lógica do assunto e redação do texto (GIL, 2002).

Quanto à abordagem, a pesquisa é classificada como qualitativa, caracterizada por aceitar técnicas interpretativas e instrumentos que permitem analisar um contexto manifesto às pessoas e às organizações (DENZIN; LINCOLN, 2005). De acordo com Creswell e Creswell (2021), a pesquisa qualitativa possui a abordagem voltada para a exploração e entendimento do significado que indivíduos ou grupos atribuem a um determinado problema social ou humano. Os pesquisadores que aplicam essa forma de investigação apoiam uma maneira de encarar a pesquisa que valoriza um estilo indutivo, um foco no significado individual e na importância do relato da complexidade de uma situação.

Foram utilizadas obras doutrinárias e artigos científicos, buscados com os seguintes descritores: “cidades inteligentes”, “cidades inteligentes e sustentáveis”. Para a busca de artigos científicos, foram utilizadas as bases de dados Scielo e Google Acadêmico.

REFERENCIAL TEÓRICO

O ritmo determinado pelo acelerado crescimento econômico mundial vem, gradativamente, causando pressões significativas sobre o meio ambiente em função de fatores como a demanda intensa por matérias-primas naturais, a ocupação de áreas verdes decorrente do aumento da população, a poluição do solo, ar e água, a geração de resíduos etc. (CORTESE *et al.*, 2017). Ainda, o processo de urbanização acelerado acarreta inúmeras consequências, como o congestionamento de veículos, a violência, a escassez de recursos, desigualdade sociais e econômicas, entre inúmeras outras (FRANCISCO JÚNIOR, 2021).

Nesse cenário, a discussão sobre cidades inteligentes e sustentáveis encontra-se na centralidade da agenda pública de debates a respeito do planejamento urbano. De acordo com Nalini e Silva Neto (2017), trata-se de uma expressão que condensa uma multiplicidade de sentidos, sendo significativamente influenciado pelas demandas atuais das cidades do mundo, não somente das cidades globais, ou das grandes megalópoles, mas também de uma quantidade crescente de cidades grandes e médias do mundo.

Soares Neto (2019) faz uma ressalva no sentido de que para que seja possível elaborar um conceito para cidades inteligentes, devem ser avaliadas as condições específicas de cada país, uma vez que estes apresentam diferenças significativas quanto a seu desenvolvimento e suas necessidades. Exemplificando essa situação, pode-se dizer que as cidades dos países em desenvolvimento têm como necessidade particular a avaliação de sua infraestrutura urbana, que deve estar parametrizada mediante as necessidades de atender às demandas que visem a uma adequação diante da urbanização premente.

O crescente número de estudos relacionados a cidades inteligentes e sustentáveis são frutos de uma demanda da sociedade para o enfrentamento dos desafios contemporâneos associados à concentração da população nos centros urbanos e à pluralidade de problemas técnicos e políticos relacionados a esta dinâmica (KNISS; MACCARI; MARTINS, 2017).

Destarte, afirma Carlos Leite (2012) que se faz necessário a reinvenção das cidades no século XXI, em virtude das oportunidades em termos de cidades mais sustentáveis e mais inteligentes do que as que se expandiram sem limites no século anterior. Além disso, aduz o autor que o desenvolvimento sustentável é o maior desafio do século atual, sendo que essa pauta é relevante, uma vez que dois terços do consumo mundial de energia advêm das cidades; 75% dos resíduos são gerados nas cidades; e vive-se um processo de esgotamentos dos recursos hídricos e de consumo exagerado de água potável.

Diante desse cenário, a sustentabilidade tem tido destaque internacionalmente desde a década de 1990, estando associada à busca da conciliação entre o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental e os aspectos sociais, existentes em qualquer sociedade. As três dimensões do desenvolvimento sustentável (econômica, social e ambiental) devem estar presentes no segmento que pretende atingir esse objetivo (CORTESE *et al.*, 2017).

O termo *Smart City* (cidade inteligente, em português) foi escrito pela primeira vez no ano de 1992, no livro *The Technopolis Phenomenon: Smart Cities, Fast Systems, Global Networks*, o qual pretendia conceituar o fenômeno de desenvolvimento urbano dependente de tecnologia, inovação e globalização sob perspectiva econômica (RIZZON *et al.*, 2017). Desde então, o conceito de cidades inteligentes sofreu estudos e reformulações.

De acordo com conceito formulado por José Nalini e Wilson da Silva Neto, uma cidade inteligente é aquela apta a criar estruturas de gestão capazes de serem utilizadas para atender a demandas próprias do caráter problemático que o espaço urbano, enquanto sistema complexo, produz continuamente. Essas estruturas visualizam a cidade como um sistema complexo interligado por redes de comunicação, as quais podem detectar problemas, emitir alarmes e, principalmente, direcionar fluxos de trabalho humano com foco na eficiência dos serviços públicos e controlar remotamente dispositivos e equipamentos das mais variadas interfaces.

Nesse sentido, Leite (2012) afirma que a democratização das informações territoriais com os novos sistemas de tecnologia de informação e comunicação deve favorecer a formação de comunidades participativas e a gestão de governo, por intermédio da implementação de serviços de governo inteligente mais ágeis, transparentes e eficientes, pela facilidade de acesso e de compartilhamento de informações. Ou seja, as cidades inteligentes podem e devem alavancar a otimização da vida urbana, seja com serviços avançados na cidade formal, seja nas novas oportunidades nos territórios informais.

Em estudo feito por Giffinger *et al.* (2007), defendeu-se que as cidades inteligentes, para assim serem consideradas, deveriam ter um desempenho adequado em seis aspectos que resultariam da combinação inteligente das alocações e atividades de cidadãos autodeterminados, independentes e conscientes. Os autores concluíram que essas características seriam a governança inteligente, a economia inteligente, a mobilidade inteligente, o ambiente inteligente, a vida inteligente e os cidadãos inteligentes.

A governança é inteligente quando faz uso da tecnologia para potencializar a participa-

ção política, os serviços aos membros da sociedade e o funcionamento da administração; a economia é assim considerada quando abrange inovação e produtividade para adaptar mercado e trabalhadores e desenvolver novos modelos de negócios resilientes capazes de competir local e globalmente. A mobilidade inteligente utiliza recursos tecnológicos para garantir informações aos usuários e planejadores, a fim de que reformulem os padrões de mobilidade urbana, aprimorando-a por meio da integração dos meios de transporte. O ambiente inteligente faz uso da coleta de dados de serviços oferecidos na cidade, para estabelecer as áreas proprietárias de ação em planejamento urbano. A vida inteligente compreende aspectos da qualidade de vida e gerenciamento inteligente de instalações e serviços. Por fim, os cidadãos inteligentes compreendem os membros da cidade, os quais participam das iniciativas (GIFFINGER *et al.*, 2007).

Visto isso, é necessário utilizar a tecnologia para proporcionar o desenvolvimento e implementação de tecnologias verdes, aliadas à gestão inteligente do território, as quais são capazes de proporcionar o desenvolvimento urbano de novos territórios, sejam novos bairros sustentáveis, sejam cidades inteiras verdes (LEITE, 2012). Nesse mesmo sentido:

Uma cidade sustentável deveria observar os três componentes da sustentabilidade no seu planejamento: sustentabilidade ambiental, sustentabilidade econômica e sustentabilidade social. Isso incluiria temas como licitação verde, construções sustentáveis, redes de transporte coletivo baseadas em fontes renováveis de energia e destinação adequada de resíduos sólidos e efluentes líquidos. Incluiria também a adoção de certificações verdes e a incorporação de indicadores de avaliação que priorizassem a amortização de emissões de gases do efeito estufa e um processo contínuo de discussão que resultasse em revisões periódicas de critérios nessa seara, de modo que fossem cada vez mais rigorosos (NALINI; SILVA NETO, 2017, p. 23).

Observa-se, portanto, que uma cidade é considerada sustentável quando é capaz de compatibilizar o desenvolvimento sustentável, obedecendo seus vieses econômicos, sociais e ambientais, com o próprio crescimento da cidade.

Assim, “uma cidade sustentável é muito mais do que um desejável conjunto de construções sustentáveis. Ela deve incorporar parâmetros de sustentabilidade no desenvolvimento urbano público e privado” (LEITE, 2012, p. 147).

Portanto, é possível estabelecer uma relação entre a cidade inteligente e o desenvolvimento sustentável, na medida em que as cidades inteligentes são marcadas pela incorporação e adoção de inovadores recursos tecnológicos para a promoção, melhoria e otimização dos recursos, fato este que se inclui no conceito de desenvolvimento sustentável.

É possível citar algumas cidades inteligentes e sustentáveis no mundo. Leite (2012) cita que Copenhague é considerada uma das cidades mais sustentáveis do mundo em decorrência da ativa participação de toda a sociedade, além de 37% da população locomover-se de bicicleta e do transporte público utilizar bateria e não combustível; 51% da comida consumida nos órgãos públicos municipais é orgânica.

No Brasil, Francisco Júnior (2021) aduz que o desenvolvimento e a adoção de recursos de informação ao cidadão e a atuação do Centro de Operações Rio fundamentaram a escolha do Rio de Janeiro como a Cidade Inteligente do Ano em 2013, eleita pelo *Smart City Expo World Congress*, evento global sobre cidades inteligentes. No ano de 2019, a cidade de Curitiba recebeu esse mesmo prêmio, em razão do projeto Vale do Pinhão – Ecossistema de Inovação de Curitiba, consistente em política pública para promoção de Curitiba em uma cidade inteligente.

Importante mencionar que no Brasil, as cidades se desenvolveram historicamente baseadas na presença contínua do setor privado, além do planejamento e de políticas públicas, motivo pelo qual há a necessidade de buscar, no setor privado do desenvolvimento imobiliário urbano, parâmetros de sustentabilidade urbana que complementem e atuem em consonância com aqueles pautados pela atuação pública. Algumas das cidades que mais se aproximam da realidade brasileira têm conseguido, com ações determinantes a partir dos setores público e privado, moldar novos padrões de desenvolvimento sustentável, sendo que eficientes sistemas de indicadores de sustentabilidade urbana vem sendo construídos em diversas cidades do planeta, em algumas a partir de gestões públicas e, em diversas outras, por meio de organizações do terceiro setor e da iniciativa privada (LEITE, 2012).

Dessa maneira, as cidades inteligentes utilizam a tecnologia a favor do desenvolvimento sustentável, proporcionando a compatibilização do crescimento econômico com a qualidade de vida e dignidade humana, garantindo uma gestão adequada dos recursos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Pelo exposto, é possível observar que as mudanças que ocorrem no cenário contemporâneo, principalmente o significativo processo de urbanização, exigem alterações emergentes por parte dos setores públicos e privados, no sentido de garantir a adequada gestão de recursos.

Considerando os avanços da tecnologia nos últimos tempos, inúmeras pesquisas surgem com a finalidade de dar utilização efetiva para esses recursos tecnológicos no ambiente das cidades, a fim de permitir que essas ferramentas serão utilizadas para proporcionar o desenvolvimento sustentável e superar as problemáticas contemporâneas da cidade, como a poluição, o tráfego intenso de veículos, o uso desregrado de recursos, entre outros.

Assim, observou-se a necessidade de reinvenção das cidades no século XXI, em virtude das oportunidades em termos de cidades mais sustentáveis e mais inteligentes, notadamente pelos avanços tecnológicos céleres e contínuos ocorridos na sociedade mundial.

No cenário brasileiro, é essencial a adoção de políticas públicas e privadas, em integração, para proporcionar o desenvolvimento e a implementação de tecnologias para serem inseridas em prol da cidade, de suas problemáticas, de suas demandas e de suas emergências.

REFERÊNCIAS

CORTESE, Tatiana Tucunduva Philippi *et al.* Sustentabilidade nas construções: a necessidade de discussão deste novo paradigma. In: CORTESE, Tatiana Tucunduva Philippi; KNIESS, Cláudia Terezinha (Orgs.). Cidades inteligentes e sustentáveis. Barueri: Manole, 2017.

CRESWELL, John W.; CRESWELL, David. Projeto de pesquisa: métodos qualitativo, quantitativo e misto. 5. ed. Porto Alegre: Penso, 2021.

DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. Introdução: a disciplina e a prática da pesquisa qualitativa. p. 15-41. In: DENZIN, N. K.; LINCOLN, Y. S. O planejamento da pesquisa qualitativa: teorias e abordagens. 2. ed. Artmed: Porto Alegre, 2006.

FRANCISCO JÚNIOR (Coord.). Cidades inteligentes: uma abordagem humana e sustentável. Brasília: Câmara dos Deputados, 2021.

GIFFINGER, R. *et al.* Smart Cities: Ranking of European Medium-Sized Cities. Vienna, Austria: Centre of Regional Science (SRF), Vienna University of Technology, 2007. Disponível em: < http://www.smart-cities.eu/download/city_ranking_final.pdf>. Acesso em: 21 ago. 2022.

GIL, Antonio Carlos. Como elaborar projetos de pesquisa. 4. ed. Atlas: São Paulo, 2002.

KNIESS, Cláudia Terezinha; MACCARI, Emerson Antonio; MARTINS, Cibele BArSalini. A construção de um programa de pós-graduação em cidades inteligentes e sustentáveis de acordo com os requisitos de avaliação da Capes. In: CORTESE, Tatiana Tucunduva Philippi; KNIESS, Cláudia Terezinha (Orgs.). Cidades inteligentes e sustentáveis. Barueri: Manole, 2017.

LEITE, Carlos. Cidades sustentáveis, cidades inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012.

NALINI, José Renato; SILVA NETO, Wilson Levy Braga da. Cidades inteligentes e sustentáveis: desafios conceituais e regulatórios. In: CORTESE, Tatiana Tucunduva Philippi; KNIESS, Cláudia Terezinha (Orgs.). Cidades inteligentes e sustentáveis. Barueri: Manole, 2017.

RIZZON, F. *et al.* Smart City: um conceito em construção. Revista Metropolitana de Sustentabilidade, v. 7, n. 3, 2017.

SOARES NETO, Vicente. Cidades inteligentes: guia para construção de centros urbanos eficientes e sustentáveis. São Paulo: Érica, 2019.

VERGARA, Sylvia Constant. Projetos e relatórios de pesquisa em administração. 11. ed. São Paulo: Atlas, 2009.

**Identificação de áreas com risco
de inundação do município de
Cataguases/MG**

**Mapping of flood susceptibility in
Cataguases/MG**

Rafael Aldighieri Moraes

lattes: lattes.cnpq.br/1877072732800242

DOI: [10.47573/aya.5379.2.118.2](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.118.2)

RESUMO

Desastres naturais como enchentes vêm sendo um problema recorrente para diversos municípios brasileiros. Geralmente as enchentes são decorrentes do crescimento acelerado da urbanização e da falta de planejamento prévio de drenagem por parte do poder público. Afim de ajudar na resolução desse problema, o trabalho visa executar um mapeamento de risco de inundação, utilizando informações geográficas e técnicas de sensoriamento remoto, afim de integralizar os dados através do Sistema de Informação Geográfica (SIG). Cataguases enfrenta esse problema recorrente de inundação, especialmente nos inícios de ano durante a estação chuvosa. Isso ocorre principalmente devido à falta de planejamento em seu processo de urbanização, bem como ao tipo de solo, relevo e aos grandes volumes de chuva em curto espaço de tempo. Com isso, a impermeabilidade do solo e o escoamento superficial para o rio principal, que cruza a área urbana, potencializa a ocorrência de inundações. Portanto, é de suma importância a realização de estudos que forneçam dados e diagnóstico com o objetivo de delimitar as áreas mais sujeitas às inundações. Neste estudo foram utilizados dados do mapa uso da terra, declividade, altitude e pedologia, para determinação do potencial de inundação. Os resultados indicaram que apesar do município apresentar em grande parte de sua área, médio risco para inundação, locais sensíveis com ocupação urbana, estão com risco alto a altíssimo em 96,8% da área.

Palavras-chave: geoprocessamento. uso da terra. declividade. pedologia. altitude.

ABSTRACT

Natural disasters such as floods have been a recurring problem for several Brazilian municipalities. Floods are usually a result of the accelerated growth of urbanization and the lack of previous drainage planning by the public authorities. In order to help solve this problem, the work aims to perform a flood risk mapping in the, using geographic information and remote sensing techniques, in order to integrate the data through the Geographic Information System (SIG). Cataguases faces this recurring problem of flooding, especially at the beginning of the year during the rainy season. This is mainly due to the lack of planning in its urbanization process, as well as the type of soil, relief and the large volumes of rain in a short period of time. Thus, the impermeability of the soil and the surface runoff to the main river, which crosses the urban area, increases the occurrence of floods. Therefore, it is extremely important to carry out studies that provide data and diagnosis with the objective of delimiting the sensitive areas to flooding. In this study, data from the land use, slope, altitude and pedology were used to determine the flooding potential. The results indicated that although the municipality has a medium risk for flooding in most of its area, sensitive areas with urban occupation are at high to very high risk in 96.8% of the area.

Keywords: geoprocessing. land use. slope. pedology. altitude.

INTRODUÇÃO

Atualmente, grande parte das cidades brasileiras estão carentes em estudos com o cunho de prover medidas de combate aos problemas ligados à drenagem pluvial. Os desastres naturais como enchentes, alagamentos, inundações se tornaram um mal comum a uma grande parcela das cidades. Este causado principalmente pela ausência de um planejamento prévio de

drenagem e escoamento por parte do poder público por não conseguir acompanhar o ritmo acelerado da urbanização e centralização de populações cada vez maiores.

De acordo com Tucci (2007), esse fenômeno natural se deve a dois grandes processos, sendo esses, as enchentes em áreas ribeirinhas, que afetam pessoas que ocupam os leitos dos rios, e o segundo fato refere-se à urbanização. Devido a toda essa situação, ocorre o comprometimento do sistema de drenagem, que gera grandes problemas nos principais sistemas urbanos da cidade, como o transporte, esgoto, abastecimento de água, dentre outros, gerando um enorme prejuízo para toda a sociedade, que se vê necessitada de ações que visam solucionar esses transtornos.

Desta forma, a fim de resolver essas questões e problemas corriqueiros, e ajudar o poder público no desenvolvimento sustentável da cidade, pode-se executar um mapeamento de risco de regiões propícias à inundação, de forma objetiva. Segundo Oliveira e Silva (2017), pode-se utilizar da integração, compilação e ponderação de informações geográficas conhecidas por meio de técnicas de geoprocessamento, como o sensoriamento remoto e a integração dos dados através do Sistema de Informação Geográfica (SIG).

Utilizando-se desse sistema, pode-se também identificar e mapear outros aspectos que influenciam diretamente na ocorrência de inundações, como análise do terreno via curvas de nível, declividade do solo, bacia hidrográfica, a capacidade de drenagem do solo, dentre outros. Este processo é de grande valia para os gestores públicos das cidades brasileiras, pois contribui de maneira rápida e direta com o planejamento público do município, e também, para a constante evolução e urbanização dos polos populacionais.

No ano de 2020, somente nos meses de Janeiro e Fevereiro, conforme a Defesa Civil do estado de Minas Gerais, mais de 50 pessoas morreram, e mais de 100 cidades mineiras, incluindo Cataguases, decretaram estado de emergência e/ou calamidade pública em decorrência das inundações e deslizamentos de terra em todo o estado, além claro, do gigantesco impacto na economia tanto do estado, quanto da administração local. (G1 notícias, 2020).

Dentro de todo esse contexto, se faz fundamental a realização de estudos, para que através de geoprocessamento, se possa fornecer dados e diagnósticos com o objetivo de delimitar as áreas mais sujeitas às inundações no município, através de mapa de risco, onde esses dados possam ser levantados de forma que o poder público possa pensar, analisar e direcionar suas políticas para o melhor planejamento urbano para a população. Assim, o objetivo do trabalho foi elaborar um mapeamento dos locais de risco de inundação no município de Cataguases, Minas Gerais, utilizando um sistema SIG.

REFERENCIAL TEÓRICO

O geoprocessamento pode ser entendido como a utilização de técnicas matemáticas e computacionais para tratar dados obtidos de objetos ou fenômenos geograficamente identificados ou extrair informações desses objetos ou fenômenos, quando são observados por um sistema sensor (Moreira, 2007).

A obtenção de informações de um local, sem contato com ele, é chamada de sensoriamento remoto. A qualidade da informação a ser obtida de modo a atingir o objetivo de um dado

trabalho, irá depender das características do sensor remoto. Dentre essas temos como principais a resolução espacial, espectral, radiométrica e temporal.

A resolução espacial é definida como a capacidade do sistema sensor em identificar objetos na superfície terrestre, refere-se ao tamanho do pixel da imagem gerada. Já a resolução temporal está relacionada com a repetitividade de observação do sensor numa mesma área, ou seja, o intervalo temporal entre revisitas (Jensen, 2009). Já a resolução radiométrica é a quantidade de bits da imagem (níveis de cinza), indicando, a grosso modo, a sensibilidade do sensor. E a resolução espectral, corresponde a quais faixas do espectro eletromagnético um dado sensor é sensível. Geralmente para trabalhos de classificação digital, faixas do visível e infravermelho próximo são suficientes.

Uma das principais ferramentas de análise de imagens multiespectrais diz respeito aos métodos de classificação dessas imagens. Esta, nada mais é do que a identificação de determinados elementos nelas presentes pela associação de cada um de seus pixels a uma determinada classe preestabelecida (Fitz, 2008).

A demanda por modelos digitais de elevação ou do terreno (MDE ou MDT) para subsidiar estudos em várias áreas da pesquisa ambiental, tem aumentado significativamente (Chagas *et al.*, 2007). Modelo digital de terreno é uma representação matemática da distribuição espacial da característica de um fenômeno vinculada a uma superfície real. A superfície é em geral contínua e o fenômeno que representa pode ser variado (INPE, 2018). Dentre alguns usos do MNT pode-se citar (Burrough, 1986): armazenamento de dados de altimetria para mapas topográficos; análises de corte-aterro para projeto de estradas e barragens; elaboração de mapas de declividade e exposição para apoio a análise de geomorfologia e erodibilidade; análise de variáveis geofísicas e geoquímicas; apresentação tridimensional (em combinação com outras variáveis).

A função de reclassificação é uma das mais utilizadas em SIG (sistema de informação geográfica), pois permite que diferentes usuários, utilizando-se de um mesmo banco de dados, produzam informações especializadas de acordo com os respectivos interesses (Silva, 2003). Esta, geralmente feita a partir da substituição de valores dos pixels por valores numéricos, representando por exemplo classes de uso do solo em uma dada tabela.

Segundo LONGLEY *et al.* (2013), métodos multicritérios, como o método AHP proposto por Saaty (1977), contribuem para decisões onde após a identificação de fatores relevantes, permitem a ponderação destes de forma apropriada. Assim, é possível classificar, por exemplo, vulnerabilidade a inundação de um local, considerando diversas fontes de dados, a partir de não de seus valores diretos, mas da análise do impacto de cada um deles. E o SIG permite a espacialização deste equacionamento, potencializando análises geográficas de diversas situações.

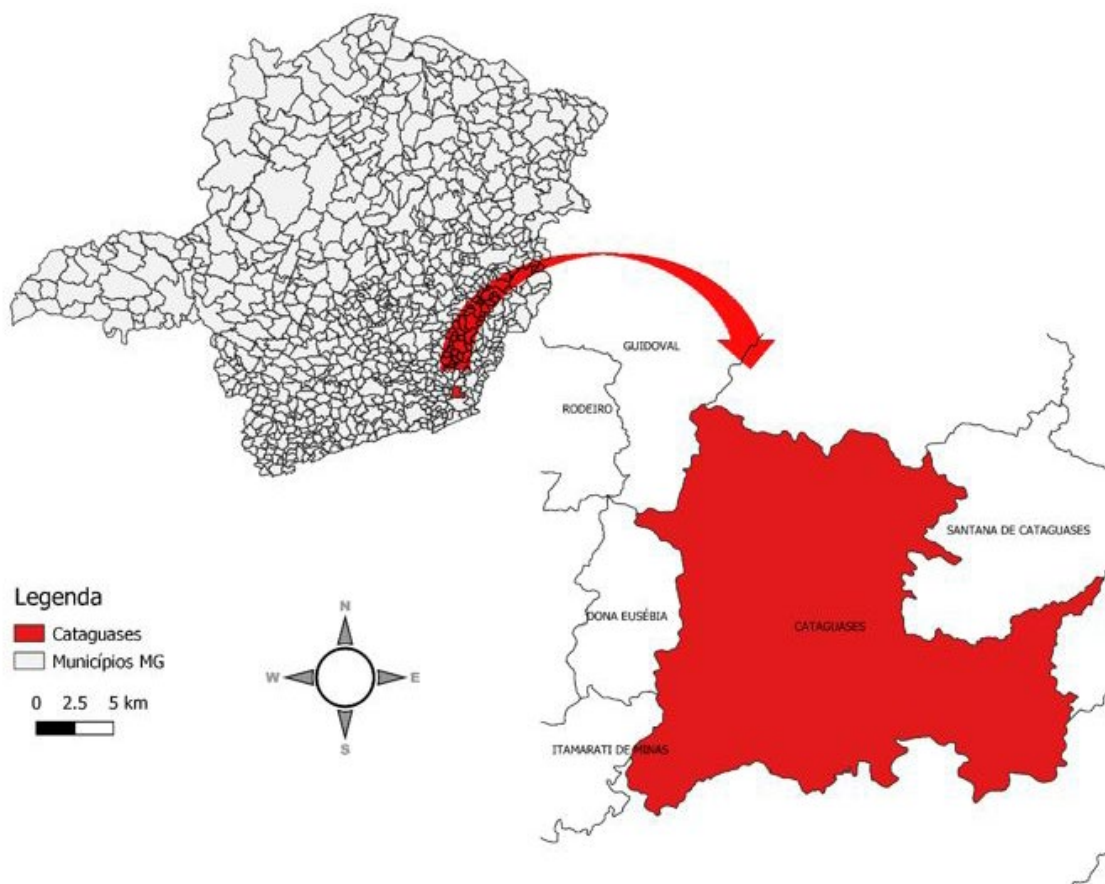
Assim, a tecnologia atual de sensoriamento remoto permite a identificação de alvos na superfície terrestre de modo relativamente simples e com dados gratuitos. E a partir do SIG, é possível gerar mapas temáticos, classes de uso do solo, além de tabelas de medida de área para cada alvo, dinâmica do uso do solo, obter produtos como a declividade e propor soluções para problemas identificados como erosão, desmatamento em áreas de declividade alta, riscos de incêndio, enchentes, etc.

METODOLOGIA

Este trabalho foi realizado para a cidade de Cataguases, que se encontra no estado de Minas Gerais. Sua área territorial é de aproximadamente 491,8 km², uma população aproximada de 75.123 pessoas, densidade demográfica de 141,85 habitantes por km² (IBGE, 2019).

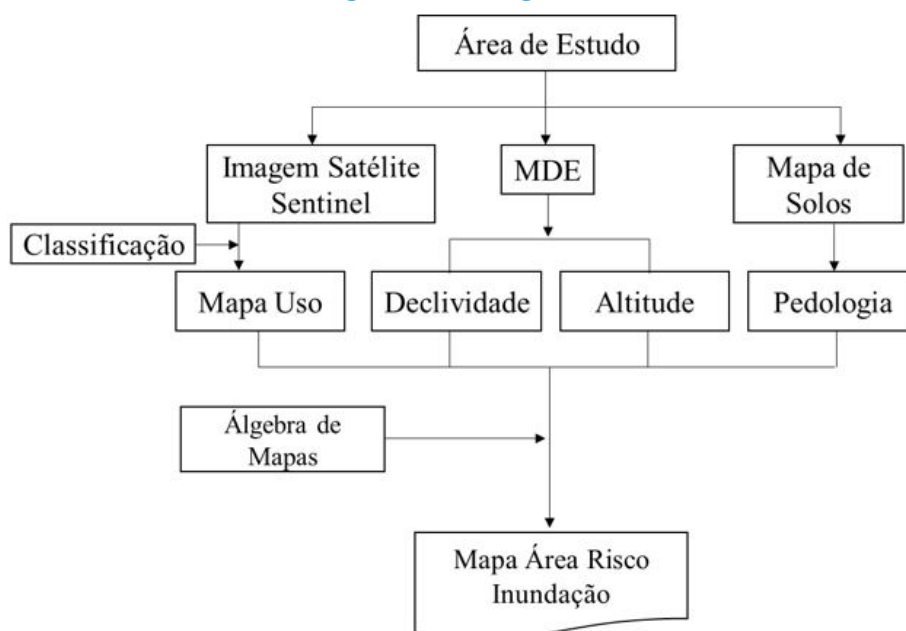
Na figura 1 temos a área de estudo, o município de Cataguases, localizada a sudeste do estado de Minas Gerais.

Figura 1 - Localização da área de estudo.



Na figura 2 é apresentado o fluxograma do trabalho, com todas etapas para obtenção do mapa de potencial de inundação. Todas etapas foram executadas no software QGIS 3.16 (2021). Inicialmente foi obtido o polígono do limite do município e a partir dele, foi feito o recorte das imagens de satélite, o modelo digital de elevação e o vetor de mapa de solos.

Figura 2 - Fluxograma.



A imagem de satélite utilizada foi a do Sentinel 2 (gratuitas), do sensor MSI (MultiSpectral Instrument), com resolução espacial de 10 metros e multiespectral de 4 bandas, sendo as faixas do azul, verde, vermelho e infravermelho próximo. A data da imagem utilizada foi de 05 de setembro de 2020, período com baixa ou nenhuma incidência de chuvas (inverno seco).

Para o modelo digital de elevação (MDE), foram utilizados arquivos matriciais do modelo digital de superfície, disponibilizados pela NASA, com resolução de 12,5 metros (VERTEX, 2019). Segundo Andrade (2017), a nova geração desses dados entrega uma resolução espacial de 12,5 metros (compatível com a escala 1:62.500) e foi registrada/capturada com resolução de 10 metros. No entanto, de acordo com o guia do produto, os dados sofreram um down sampling, ou seja, foram reamostrados para a resolução 30 metros, a fim de corrigir geometricamente os dados, sendo em seguida reamostrados novamente (up sampling) para a resolução 12,5. Assim, os dados do modelo digital do terreno serão recortados pela área de estudo e geoprocessados de modo a gerar a declividade e elevação (altitude) do terreno. Apesar da alta resolução espacial disponibilizada, este é apenas uma reamostragem dos pixels, porém com alta qualidade. Para a pedologia do município, foi utilizado o vetor disponibilizado pelo DPS (Departamento de Solos) da UFV (Universidade Federal de Viçosa) (UFV, 2022).

Conforme fluxograma, a imagem de uso da terra foi gerada a partir da classificação supervisionada máxima verossimilhança, utilizando o complemento do QGIS *Semi-Automatic Classification Plugin* (SCP). Esta classificação foi feita considerando 5 classes: floresta, floresta plantada (silvicultura), pastagem, solo exposto e água. A classe área urbana foi classificada (vetorizada) manualmente. Após classificação e geração do mapa uso da terra, de modo a avaliar a classificação, foi utilizado o complemento do QGIS *AcATaMa*. Este permite gerar a acurácia da classificação. Para tal, foram criadas 150 amostras estratificadas e analisadas individualmente confirmando ou não, se a classe foi classificada corretamente.

A declividade e a altitude foram obtidas a partir do MDE. A declividade, gerada em porcentagem (e classificada conforme Embrapa) e a altitude, diretamente pelo MDE, em metros. A pedologia, criada a partir do mapa de solos em formato vetorial, foi reclassificada de acordo com o tipo de solo e transformada em raster, utilizando como base a matriz da imagem Sentinel 2.

Após gerados os dados de mapa uso da terra, declividade, altitude e pedologia, estes foram reclassificados, pixel a pixel, com valores variando entre as notas de 0 a 10, conforme Tabela 1. A susceptibilidade à inundação considera 0 como menos susceptível e 10, mais susceptível à inundação. Desse modo, quanto mais susceptível o local à inundação, maior a nota. Esta reclassificação foi feita após a determinação dos intervalos de cada classe, sendo que para pedologia, uso do solo e altitude, foram determinados após análise dos dados, baseando-se nos autores Santana *et al.* (2014) e Pereira (2017).

Tabela 1- Notas atribuídas a cada fonte de dados, conforme susceptibilidade à inundação.

Uso do Solo	Nota	Altitude	Nota
Floresta	1	maior que 800 metros	1
Floresta Plantada	2	entre 600 e 800 metros	2
Solo Exposto	7	entre 400 e 600 metros	5
Pastagem	9	entre 350 e 400 metros	6
Agua	10	entre 300 e 350 metros	7
Area Urbana	10	entre 200 e 300 metros	9
		menor que 200 metros	10
Declividade (%)	Nota	Pedologia	Nota
0 - 3% (plano)	10	Cambissolo	3
3 - 8% (suavemente ondulado)	9	Latossolo	4
8 - 20% (ondulado)	5	Argissolo	5
20 - 45% (fortemente ondulado)	3		
45 - 75% (montanhoso)	1		
> 75% (fortemente montanhoso)	1		

Para a geração do mapa da área de risco à inundação, foi utilizada a “Álgebra de Mapas”, conforme a equação 1 a seguir, considerando cada um dos pixels das imagens: índice de risco à inundação (IRI)

$$IRI = x1 \text{ Altitude} + x2 \text{ Declividade} + x3 \text{ Uso do Solo} + x4 \text{ Pedologia} \quad (1)$$

Onde, x1, x2, x3 e x4 representa os pesos estatísticos, variando de 0 a 1.

Cada termo da equação 1 (Altitude, Declividade, Uso do Solo e Pedologia), está vinculado os valores das notas, conforme tabela 1. Os pesos estatísticos de cada termo (x1, x2, x3 e x4), foram gerados conforme Santos *et al.*, 2010 e Gomes *et al.*, 2004).

Para representar de forma mais realista as condições no município, o peso de cada termo foi ponderado, conforme o método AHP proposto por Saaty (1977), através da decisão do problema em níveis hierárquicos. Conforme Gomes *et al.* (2004), este método determina por meio da síntese dos valores dos agentes de decisão, uma medida global para cada alternativa, priorizando-as ao finalizar o método.

Foi feita a matriz de comparação par a par, utilizando-se a escala fundamental de Saaty (Tabela 2). Este tem por objetivo a hierarquização da importância entre os fatores pré-definidos (altitude, declividade, uso do solo e pedologia).

Tabela 2 - Escala de comparadores.

VALORES	IMPORTÂNCIA MÚTUA
1/9	Extremamente menos importante que
1/7	Muito fortemente menos importante que
1/5	Fortemente menos importante que
1/3	Moderadamente menos importante que
1	Igualmente importante a
3	Moderadamente mais importante que
5	Fortemente mais importante que
7	Muito fortemente mais importante que
9	Extremamente mais importante que

Na tabela 3, é apresentado a matriz de comparação onde cada fator da equação foram comparados e determinado a importância de cada um entre eles. A leitura deve ser feita observando o fator na coluna da esquerda e sua importância em relação a linha superior. Um exemplo: a declividade teve valor 7 (Muito fortemente mais importante que) em relação ao Uso do Solo, já que o município é bastante declivoso; porém determinou-se o valor 3 (Moderadamente mais importante que) da relação declividade com a altitude, com menor impacto para o objeto de análise que é o risco para inundação.

Tabela 3 - Matriz de comparação pareada, sendo os valores em vermelho, os pesos inversos e abaixo da diagonal principal, a importância os fatores.

Fatores	Pedologia	Uso do Solo	Altitude	Declividade
Pedologia	1	1/3	1/7	1/7
Uso do Solo	3	1	1/5	1/7
Altitude	5	5	1	1/3
Declividade	7	7	3	1
Soma	16	13.33	4.34	1.62

Após a determinação dos valores da importância entre os fatores, há a estimativa dos pesos da equação para obtenção do IRI. Para tal, inicialmente são gerados novos valores de importância da relação entre cada fator, dividindo-se o valor de cada célula, pela soma dos valores de cada coluna. Estes valores obtidos, o peso estatístico da equação IRI é feito a partir da média dos valores em cada linha, para cada fator, conforme tabela 4.

Tabela 4 - Determinação dos pesos estatísticos para cada variável.

Fatores	Pedologia	Uso do Solo	Altitude	Declividade	Pesos
Pedologia	0.0625	0.0250	0.0329	0.0882	0.04871
Uso do Solo	0.1875	0.0750	0.0461	0.0882	0.09920
Altitude	0.3125	0.3750	0.2303	0.2059	0.28091
Declividade	0.4375	0.5250	0.6908	0.6176	0.56773

Após determinado os pesos, foi avaliado a razão de consistência (RC), ou seja, se os pesos estão corretos. O RC é calculado conforme equação 2 a seguir e deve apresentar um valor menor que 0,10:

$$RC = IC / IR \quad (2)$$

Onde: RC é a razão de consistência; IR é o índice aleatório extraído da tabela 5; e IC é o índice de consistência.

Tabela 5 - Valores de IR para matrizes quadradas de ordem n, segundo o Laboratório Nacional de Oak Ridge, EUA.

n	2	3	4	5	6	7
IR	0,0	0,58	0,90	1,12	1,24	1,32

Para o valor de IR temos 0,9, já que são 4 fatores. O valor de IC é calculado conforme equação 3:

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) \quad (3)$$

Onde, n é o número de variáveis testadas (neste caso, 4) e λ_{\max} o autovetor, calculado pela equação 4 a seguir:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{W_i} \quad (4)$$

Em que: [AW]i = Matriz resultante do produto da matriz comparação pareada (Tabela 3) pela matriz dos pesos calculados (Wi); e Wi são os pesos calculados (calculado a seguir):

$$AW = \begin{array}{|c|c|c|c|} \hline 1 & 1/3 & 1/7 & 1/7 \\ \hline 3 & 1 & 1/5 & 1/7 \\ \hline 5 & 5 & 1 & 1/3 \\ \hline 7 & 7 & 3 & 1 \\ \hline \end{array} \times \begin{array}{|c|} \hline 0,0487 \\ \hline 0,0992 \\ \hline 0,2809 \\ \hline 0,5677 \\ \hline \end{array} = \begin{array}{|c|c|} \hline 0,2030 & AW_1 \\ \hline 0,3826 & AW_2 \\ \hline 1,2097 & AW_3 \\ \hline 2,4458 & AW_4 \\ \hline \end{array}$$

Assim os valores de λ_{\max} é calculado conforme a seguir:

$$\lambda_{\max} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n \frac{[AW]_i}{W_i} = \frac{1}{4} \left(\frac{0,2030}{0,0487} + \frac{0,3826}{0,0992} + \frac{1,2097}{0,2809} + \frac{2,4458}{0,5677} \right) = 4,1598$$

O valor de IC pode ser calculado conforme a seguir:

$$IC = (\lambda_{\max} - n) / (n-1) = (4,1598 - 4) / (4 - 1) = 0,053$$

Portanto o valor de RC será:

RC = IC / IR = 0,053 / 0,90 = 0,059185, sendo este menor que 0,10 e os pesos para o modelo são aceitáveis.

A equação para o cálculo do índice de risco à inundação (IRI) apresentou os seguintes valores:

$$IRI = 0,2809 * \text{Altitude} + 0,5677 * \text{Declividade} + 0,0992 * \text{Uso do Solo} + 0,0487 * \text{Pedologia}$$

RESULTADOS

Inicialmente é apresentado na figura 3, a imagem de satélite Sentinel, na composição colorida RGB-843, onde a imagem ou banda do infravermelho próximo foi colorida de vermelho (Red), e as bandas vermelho e verde, de verde (Green) e azul (Blue) respectivamente. Nota-se na imagem que a vegetação apresenta coloração vermelha, e locais com vegetação rala ou solo, em tons ciano. Foi acrescentado a rede hidrográfica ao mapa, disponibilizada pelo IGAM

(Instituto Mineiro de Gestão das Águas) 2022, e classificado conforme a ordem Strahler, sendo a hierarquia dos afluentes.

Conforme descrito anteriormente, a classificação da imagem foi feita de forma supervisionada, a partir de amostras. Estas, foram definidas em 5 classes: floresta, floresta plantada, solo exposto, pastagem e água. A área urbana foi vetorizada manualmente, a partir das composições coloridas RGB-843 e RGB-432. O mapa final é apresentado na figura 4, onde, conforme legenda, é indicado a nota ou o valor de cada classe utilizada na equação IRI. A acurácia desta classificação, apresentou exatidão global de 0,88152.

Figura 3 - Composição colorida RGB 843 do satélite Sentinel.

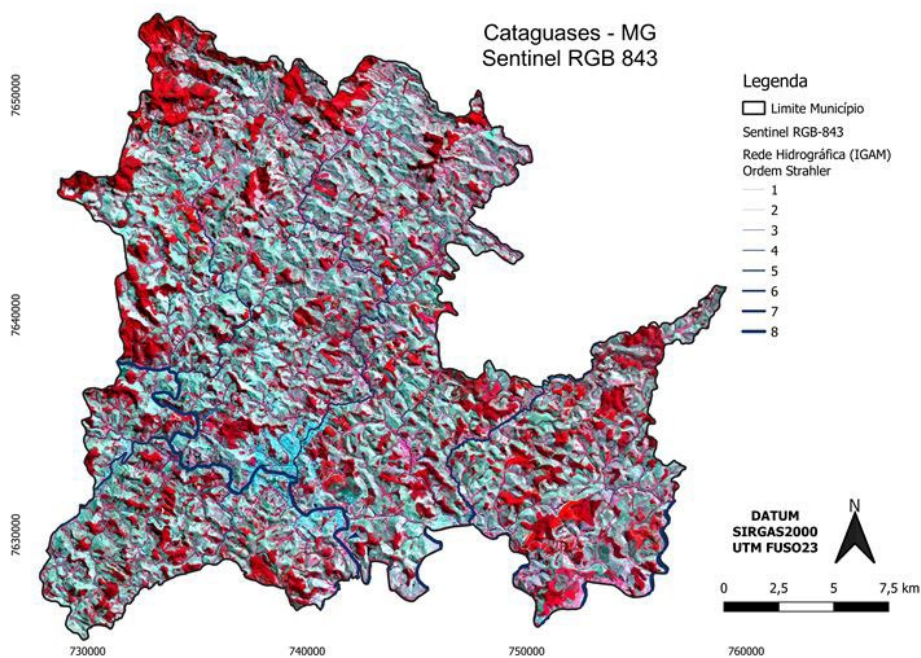
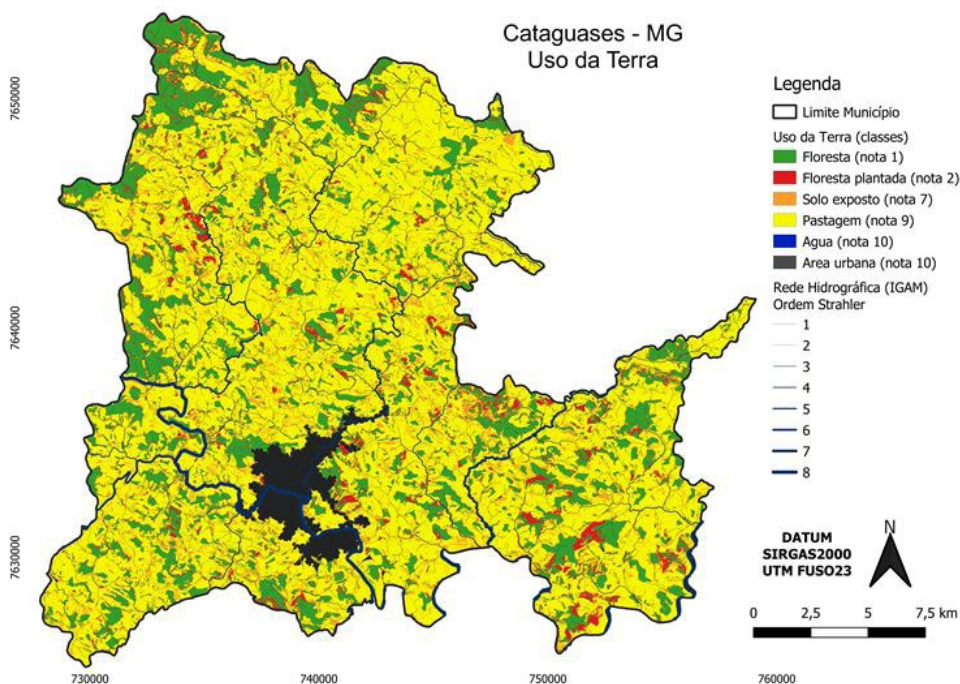
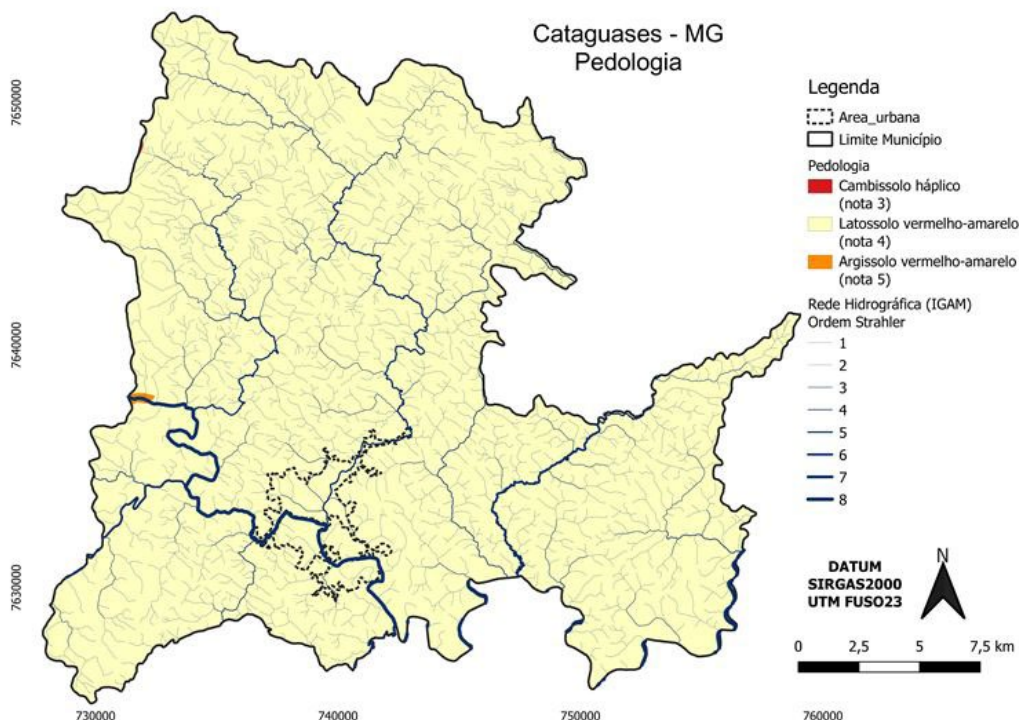


Figura 4 - Mapa do uso da terra, gerado a partir da classificação digital automática.



Na figura 4 o mapa de pedologia é apresentado, onde é possível observar que praticamente toda área do município de Cataguases apresenta basicamente, latossolo como tipo principal, havendo uma pequena área de argissolo e cambissolo a oeste.

Figura 4 - Mapa de pedologia ou tipo de solo.



Conforme figura 5, o mapa de declividade apresenta valores ondulado para forte-ondulado e montanhoso, em boa parte do município. A classe suave e plano surge apenas em locais próximo a rede hidrográfica, sendo estas com maiores notas e assim, susceptibilidade à inundação. Importante notar que a área urbana tem grande parte incluída em local susceptível.

Na figura 6 o mapa de elevação ou hipsométrico é apresentado, onde foi classificado em cores os diferentes intervalos de altitude. Além disso, de maneira a permitir a observação da textura do relevo, foi gerado o sombreamento e acrescentado a imagem de elevação. Aqui a área urbana apresenta os menores valores de elevação.

Figura 5 - Mapa da declividade, classificada conforme Embrapa.

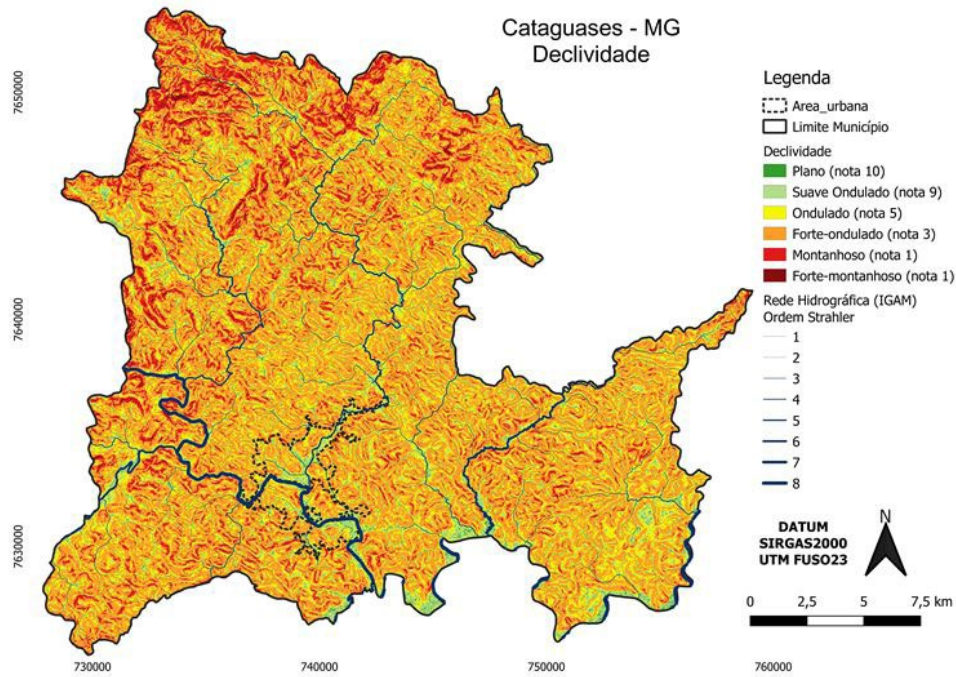
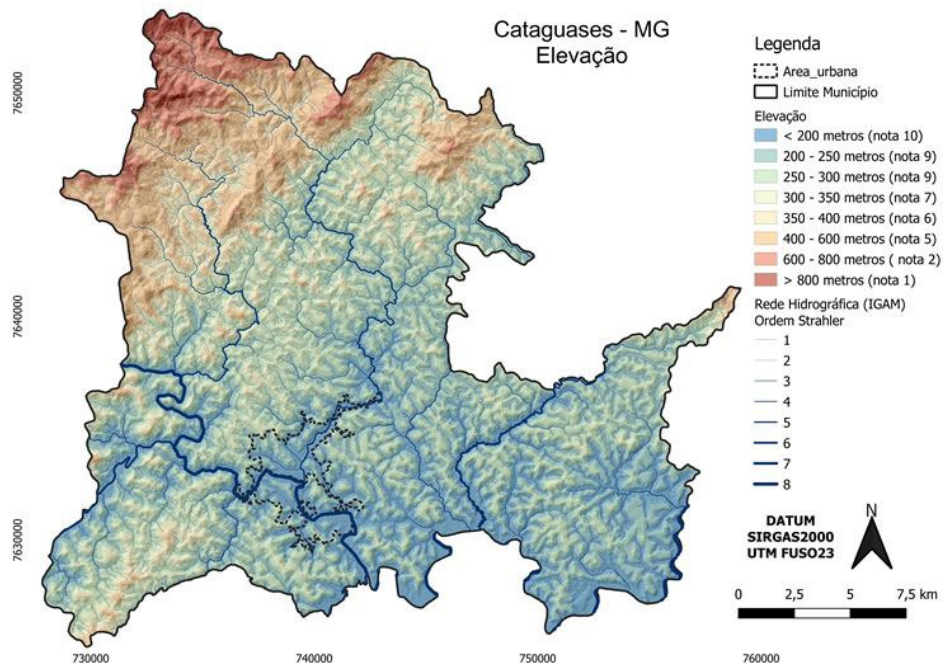


Figura 6 - Mapa de altitude ou elevação.

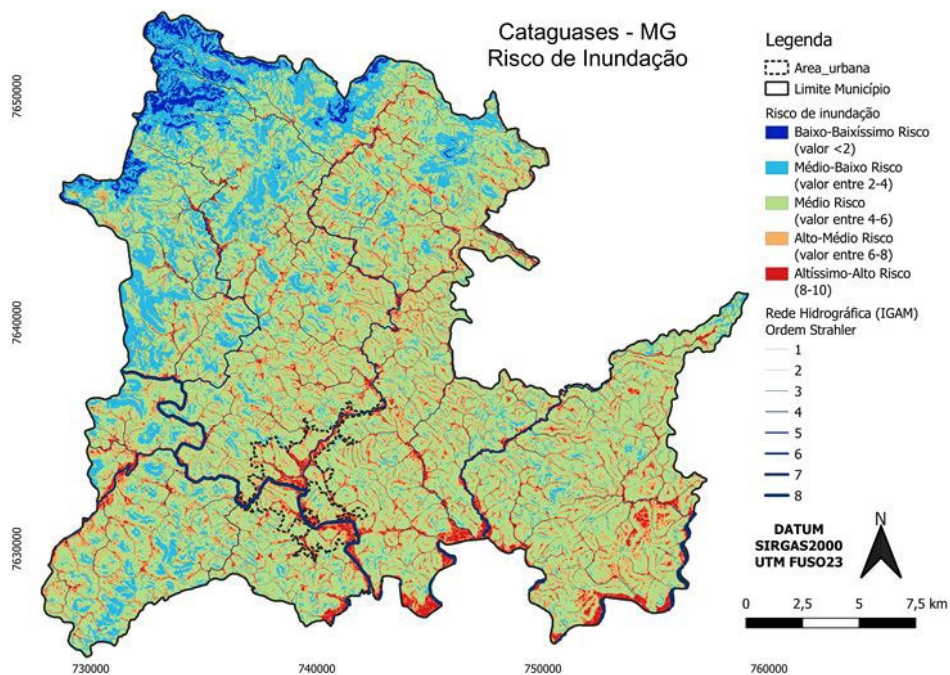


Após a aplicação da equação gerada na matemática de bandas, foi gerado o mapa de risco de inundação, conforme figura 7. Os valores dos pixels gerados foram categorizados em intervalos conforme tabela 5 (Santos *et al.*, 2010).

Tabela 5 - Classes de risco de inundação.

Risco	Intervalo
Baixo-baixíssimo risco	menor que 2
Médio-baixo risco	entre 2 - 4
Médio risco	entre 4 - 6
Alto-médio risco	entre 6 - 8
Altíssimo-alto risco	entre 8 - 10

Figura 7- Mapa de risco de inundação.



A partir da figura 7, mapa de risco de inundação, nota-se que o município apresenta muitos locais com risco alto, principalmente na área urbana. Na figura 8, o mapa de risco de inundação apenas no local urbanizado e na tabela 6 é apresentado a proporção, em área e porcentagem, dos riscos.

Figura 8 - Mapa de risco de inundação na área urbana do município de Cataguases, Minas Gerais.

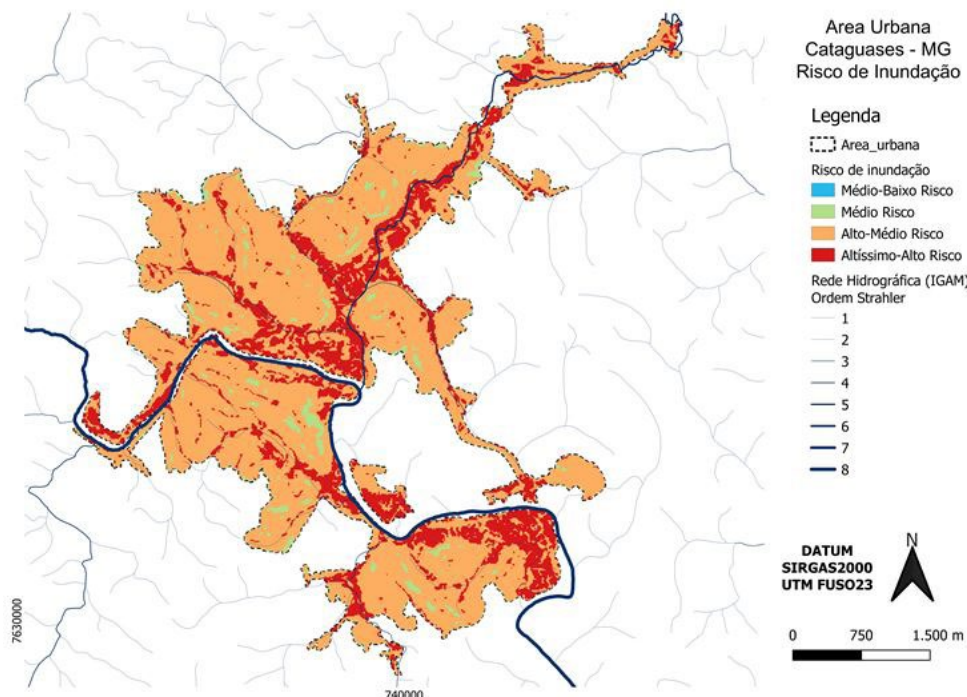


Tabela 6 - Área, em hectares, do risco em inundação considerando apenas área urbana e sua respectiva percentagem.

Risco inundação em área urbana	área (hectares)	% da área
Médio-Baixo Risco	0,2	0,01
Médio Risco	43,3	3,2
Alto-Médio Risco	297,5	22,3
Altíssimo-Alto Risco	995,2	74,5

Observa-se que apesar do município apresentar em grande parte de sua área, médio risco para inundação, locais sensíveis como a ocupação urbana, estão com risco alto a altíssimo em 96,8% da área.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Inicialmente pode-se concluir que a metodologia, apesar de relativamente simples, permitiu a identificação dos locais com risco de inundação. Apesar do município apresentar em grande parte de sua área, médio risco para inundação, locais sensíveis com ocupação urbana, estão com risco alto a altíssimo. E as mudanças climáticas favorecendo a ocorrência de eventos extremos, há o risco de recorrência de enchentes graves.

Portanto, dados de risco de inundação devem ser considerados em novos planejamentos de crescimento urbano, principalmente no plano diretor dos municípios com susceptibilidade. Recomenda-se também, em novos estudos, a utilização de dados com maior resolução espacial, principalmente em locais urbanizados, de modo a obter maior precisão dos locais susceptíveis e assim, criar ações que minimizem os impactos.

REFERÊNCIAS

- ANDRADE, E. Download MDE Alos com resolução 12,5 m. Gismo Brasil. Blog. Disponível em: <<https://gismobrasil.com/2017/07/23/download-mde-alos-com-resolucao-125-m/>>. Acesso em: 08 fev. 2019.
- CHAGAS, César S. *et al.* Avaliação de modelos digitais de elevação para aplicação em um mapeamento digital de solos. *Rev. bras. eng. agríc. ambient.*, Campina Grande, v. 14, n. 2, p. 218-226, Feb. 2010.
- DPS (Departamento de Solos). Mapa de solos do estado de Minas Gerais. Site. Disponível em: https://www.dps.ufv.br/?page_id=742. Acesso em: Abril 2022.
- FITZ, P. R. Geoprocessamento sem complicação. São Paulo: Oficina de Textos, 2008. 160 p.
- G1 Notícias. Chuva destrói parte de BH; MG tem 55 mortos em 6 dias. Site. Disponível em:<<https://g1.globo.com/mg/minas-gerais/noticia/2020/01/29/apos-mais-um-temporal-com-enchentes-bh-e-regiao-metropolitana-contabilizam-mais-estragos.ghtml> >. Acesso em Julho 2020.
- GOMES, L. F. A. M., GONZÁLEZ, M. C. A., CARIGNANO, C. Tomada de decisões em cenários complexos: introdução aos métodos discretos do apoio multicritério à decisão. Thomson. 2004.
- IBGE. Cidades. Disponível em: <<https://www.ibge.gov.br/cidades-e-estados/mg/cataguases.html> >. Acesso em: agosto 2019.
- IBGE. Dados Vetoriais do IBGE para o Brasil. Disponível em: <<ftp://geoftp.ibge.gov.br/>>. Acesso em: julho 2020.
- IGAM (Instituto Mineiro de Gestão das Águas). Infraestrutura de dados espaciais. Site. Disponível em: <https://idesisema.meioambiente.mg.gov.br/webgis>. Acesso em: abril 2022.
- INPE. Apostila SPRING – Sistema de Processamento de Informações Georreferenciadas. SPRING -DPI/INPE. 2018. Disponível em: <<http://www.dpi.inpe.br/spring/portugues/tutorial/modelagem.html>>. Acesso em: 10 ago 2020.
- LONGLEY, P.; GOODCHILD, M.; MAGUIRE, D.; RHIND, D.. *Sistemas e Ciência da Informação Geográfica* (3ª ed.). Porto Alegre, Bookman, 540p. 2013.
- MOREIRA, Mauricio. A. *Fundamentos do Sensoriamento Remoto e Metodologias de Aplicação*. 3ª ed. Viçosa/MG: UFV, 320p, 2007.
- OLIVEIRA, K.; SILVA, M.K.A. da. Mapeamento das áreas de risco à inundação no município de rio grande da serra/sp. UFU. 2019. Disponível em: <<https://proceedings.science/sbsr-2019/papers/mapeamento-das-areas-de-risco-a-inundacao-no-municipio-de-rio-grande-da-serra-sp>>. Acesso em: 18 ago. 2020.
- PEREIRA, C.R.P. Índice de risco de inundação como ferramenta de planejamento urbano. Dissertação de Mestrado. UFRJ. 2017. 232p.
- QGIS. Development Team. QGIS Geographic Information System. Open Source Geospatial Foundation Project. 2021. Disponível em: <http://qgis.osgeo.org>. Acesso em janeiro 2021.
- SANTANA, F.C.; RIBEIRO, W.G.; PAULINO, G.M.; GOMES, M.A. Mapeamento das áreas de risco de inundação no município de João Monlevade - MG , com a utilização de sistemas de informações

geográficas. V Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental Belo Horizonte/MG – 24 a 27/11/2014. 2014.

SANTOS, A.R.; LOUZADA, F.L.R.O.; EUGENIO, F.C. (2010). Impressao_Oficial_Livro_ArcGIS 9.3 Total. Capítulo 7.2, pagina 125 a 127. Disponível em: <<http://www.mundogeomatica.com.br>>.

SAATY, T.L.A. Scaling method for priorities in hierarchical structures. *Jornal of mathematical psychology*, 15, p.234-281, 1977.

TUCCI, C. E. M. “Gestão das inundações urbanas”. Global Water Partnership. Edição em arquivo digital. Brasília, 2007. Disponível em: < <https://www.semrah.se.gov.br/wp-content/uploads/2017/02/drenagem1.pdf175> >. Acesso em: maio 2019.

VERTEX. Vertex is the Alaska Satellite Facility’s data portal for remotely sensed imagery of the Earth. Disponível em: <<https://vertex.daac.asf.alaska.edu/>>. 2019.

AGRADECIMENTOS

Agradecimento a Universidade do Estado de Minas Gerais, unidade João Monlevade pelo apoio e ao programa PQ/UEMG edital 01/2021.

Como o aumento de utilização de energias renováveis é um fator para a redução de custos não somente para o consumidor final e sim para as concessionárias

Alexandre Contar Fernandes

Mestrando em Energias Renováveis pela Universidad Europea del Atlántico. Bacharel em Administração e Física

DOI: [10.47573/aya.5379.2.118.3](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.118.3)

RESUMO

Este trabalho busca mostrar que a relação entre geração própria de energia pelas empresas e pessoas físicas pode ser positiva em todos os sentidos, contrário do que é veiculado que a queda de demanda por energia por parte das concessionárias causa um impacto negativo nas tarifas, causando o seu aumento ao consumidor final. Com o aumento da procura por empresas e pessoas físicas de fontes alternativas e renováveis de energia, governos e concessionárias deveriam aproveitar esse momento e intensificarem seus investimentos em melhoria de infraestrutura, ocasionando uma redução nos custos de energia, contrário do que muitos alegam. Demonstrando como cada tipo de energia renovável se comporta no quesito de infraestrutura, podemos comprovar que as concessionárias teriam menores custos de manutenção e administrativos, não só pelo fato de menor demanda pelo consumidor, e sim pelo fato da oportunidade de investir na melhoria de infraestrutura e servindo como um consultor dos consumidores no decorrer do processo de instalação, manutenção e utilização dos diversos tipos de energias disponíveis.

Palavras-chave: energias renováveis. redução de custo. redução de tarifa. melhoria de infraestrutura.

ABSTRACT

This study seeks to demonstrate that the relationship between self-generation of energy by businesses and physical people can be beneficial in all ways, contrary to popular belief that a drop in demand for energy by concessionaires has a negative impact on tariffs, resulting in an increase in final consumer prices. With the increased demand for alternative and renewable energy sources by businesses and individuals, governments and utilities should seize the opportunity to increase infrastructure investments, resulting in lower energy costs, contrary to popular belief. Demonstrating how each type of renewable energy behaves in terms of infrastructure, we can conclude that concessionaires will have lower maintenance and administrative costs, not only due to lower consumer demand, but also due to the opportunity to invest in infrastructure improvement and serve as a consumer consultant throughout the installation, maintenance, and use of available energies.

Keywords: example. renewable energies. cost reduction. fee reduction. infrastructure improvement.

INTRODUÇÃO

Vivemos momentos em que a sociedade está a cada dia mais preocupada com impactos que as nossas ações do dia a dia causam no meio ambiente e em nosso clima. Para muitos pode ser algo passageiro, algo que está em evidência e que alguns se aproveitam para se promoverem, isso pode até ser verdade para aqueles que não acompanham a evolução da humanidade, mas de fato estamos sim nos preocupando mais com o mundo a nossa volta, creio que ainda não de maneira ideal, mas a mudança de mentalidade já é algo muito notório atualmente.

Vemos essa mudança de mentalidade em práticas diárias como uma melhor coleta de lixo, separando os tipos de lixo que podem ou não serem reciclados; reaproveitamento de água

de chuva para utilização em residências e empresas; busca por produtos menos nocivos ao meio ambiente; produtos que possam ser reciclados, sejam os produtos em si como pelas embalagens que os acompanham.

Mas um produto/serviço que está mais evidência é do setor energético, onde temos diversas opções de energias renováveis e algumas auxiliando e muito na redução de despesas mensais com energia, principalmente a energia fotovoltaica na qual atende a qualquer tipo de residência ou empreendimento com as suas devidas adaptações.

Muitos alegam que essa tendência a utilização de energias alternativas pode trazer melhorias ao meio ambiente e redução de custos do consumidor, porém acarreta aumentos de custos por parte das diversas concessionárias e, conseqüentemente, ao consumidor final.

Essa alegação tem sentido de ser devido aos investimentos mal-feitos e precários aos quais o Brasil gasta e gastou seu orçamento nesse segmento de mercado.

Esse é o momento ideal para se planejar e dedicar esforços e investimentos na melhoria de infraestrutura da rede elétrica brasileira, bem como aumentar e incentivar a opção por utilização de energias alternativas pelos consumidores pois, com isso, as concessionárias podem se utilizar desse investimento de terceiros em parte de sua própria infraestrutura e mudarem seu perfil de 100% geradores de energia para consultoras dessas novas demandas que estão surgindo, auxiliando no desenvolvimento de projetos robustos e na interligação de grandes projetos ao redor do país tornando todos em um grande rede de geração de energias renováveis.

Assim, o objetivo desse estudo foi verificar e demonstrar como o aumento por energias renováveis (principalmente fotovoltaica e eólica) por parte de consumidores e empresas, pode impactar positivamente a relação entre investimento vs. custo de energia vs. queda de demanda por parte das concessionárias.

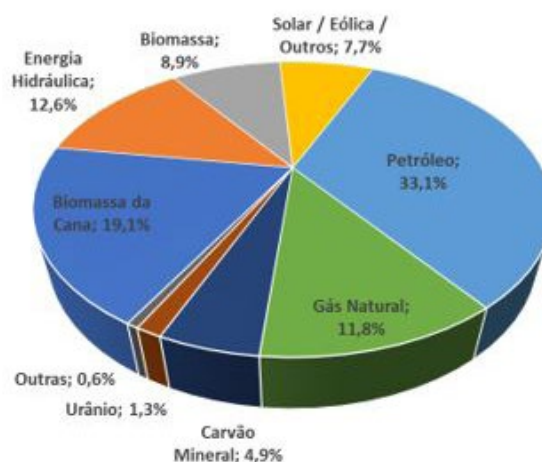
TEORIA

Primeiramente é preciso entender como funcionam as principais opções de energias alternativas e renováveis, bem como o que de fato as concessionárias precisam oferecer de infraestrutura para que elas possam funcionar.

Se verificarmos como está disposta a Matriz Energética no Brasil atualmente, principalmente a Matriz Elétrica podemos verificar como dependemos da Energia Hidráulica que, por mais que faça parte das energias renováveis, é a que mais possui impactos nocivos ao meio ambiente, principalmente no que diz respeito a readequação de rios, e da fauna e flora do ambiente onde a estrutura será instalada.

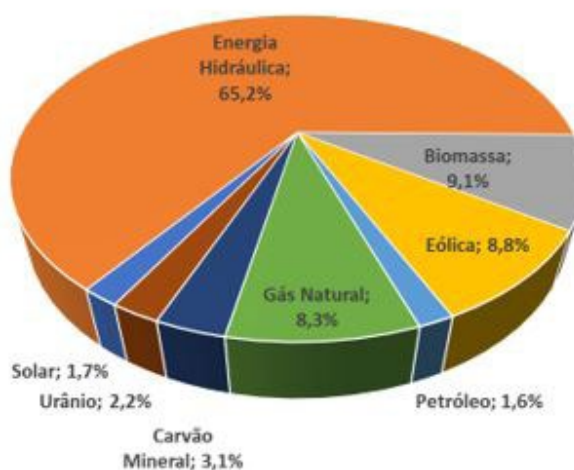
Se verificarmos a Energia Solar, por mais que é a opção que mais cresce nos últimos anos, ainda é uma parte muito pequena na Matriz como um todo, ainda possui um grande espaço para crescimento, tanto dentro da Matriz das concessionárias como, principalmente, em residências e empresas, gerando sua própria energia.

Gráfico 1 - Matriz Energética Brasil



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica

Gráfico 2 - Matriz Elétrica Brasil



Outro ponto importante a ser avaliado é como a queda de demanda efetivamente afeta as concessionárias.

Energia Fotovoltaica

A energia fotovoltaica é a única fonte de energia renovável que permite gerar eletricidade a partir da luz do sol. Os painéis fotovoltaicos que absorvem a irradiação do Sol e transformam em energia elétrica são feitos de células solares fabricadas com semicondutores.

Esse tipo de energia está aumentando, principalmente no Brasil, devido aos custos elevados de energia elétrica que estamos enfrentando, bem como pelo aumento de oferta por partes de empresas importadores dos componentes, de incentivos fiscais do governo e, principalmente, pela alta incidência solar que o Brasil é beneficiado o que torna esse investimento altamente recomendado e recuperável.

Figura 1 - Placas fotovoltaicas



Existem alguns pontos negativos a serem levantados e que precisam ser resolvidos ao longo do tempo, e o principal de tudo são os componentes das placas solares que ainda não possuem um grande conteúdo de itens recicláveis, e isso pode ser um problema a médio prazo quando se iniciar o movimento de trocas de placas (as quais duram, em média, 25 anos). Hoje essa energia limpa pode ser importante para a melhoria do clima, porém se as placas não forem recicláveis podem se tornar um problema muito intenso devido serem definidas como lixo eletrônico.

Para que o sistema fotovoltaico funcione pode ser através de sistemas off-grid (os quais se utilizam de baterias e sem a necessidade de infraestrutura por parte de concessionárias) ou on grid (onde o consumidor “entrega” para a concessionária a energia gerada em troca de abatimento na conta de acordo com o que foi gerado ao longo do tempo).

Energia Eólica

Energia eólica é simplesmente a transformação da força da massa de ar em movimento em energia elétrica por meio de turbinas eólicas (aerogeradores). Esse tipo de energia renovável é a que mais cresce no mundo na atualidade.

Normalmente se utiliza esse tipo de geração de energia em parques eólicos (no Brasil temos muitos exemplos no nordeste brasileiro), onde se vê diversas torres eólicas dispostas distantes umas das outras, e até se mostrando visualmente um espetáculo muito bonito.

Os principais pontos negativos desse tipo de empreendimento são, como a energia fotovoltaica, o descarte dos seus materiais em caso de trocas ou de manutenção ao decorrer do ano e, principalmente, os problemas ambientais que esses parques causam principalmente em aves que se utilizam da região, isso pode acarretar uma mudança de hábitos das aves, impactando no seu desenvolvimento e sobrevivência, e em acidentes de aves se colidindo com as hélices.

Figura 2 - Torres Eólicas



O processo de funcionamento é muito similar no que diz respeito a integração com as concessionárias de energia elétrica, podendo ser off grid (armazenando a energia gerada pelos geradores compostos por ímãs) ou “entregando” para a rede elétrica em forma de créditos.

Outras Fontes de Energia

Alternativas de energia que podemos destacar são: Hidráulica (a mais importante no Brasil), Biomassa, Oceânica e Geotérmica.

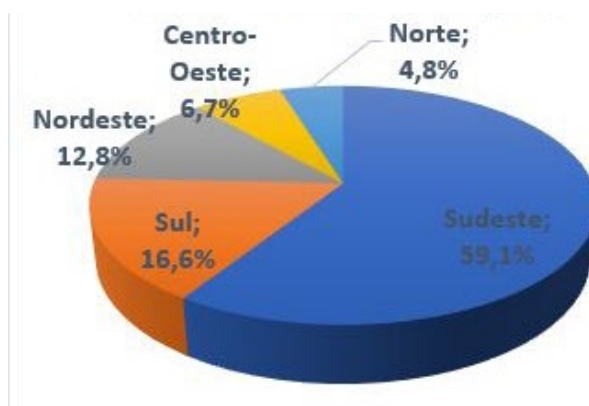
Atualmente cresce no nordeste brasileiro o desenvolvimento do Hidrogênio Verde que tende a ser a energia renovável mais limpa que todas as outras.

Todas com grandes possibilidades de serem desenvolvidas e utilizadas ao longo do Brasil, principalmente pelas concessionárias e pelo governo por se tratar de investimentos mais elevados e de locais mais específicos a serem instalados.

Concessionárias

As concessionárias de energias elétricas são responsáveis pela geração, distribuição e manutenção de toda rede energética, em tempos passados, a preocupação era evitar a escassez energética e assim evitar que casas e empresas fiquem sem o abastecimento e, consequentemente, a produção de suas mercadorias.

Gráfico 3 - Custo total por região



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica

Custo por estado R \$ Milhões



Fonte BEN, 2021

Atualmente, com a crescente busca por fontes alternativas e melhoria da infraestrutura, possibilitando a viabilidade dessas alternativas, as concessionárias estão seguindo em direção incorreta no que diz respeito a melhoria dos serviços.

A necessidade hoje é de uma agência que regulamente e viabilize com mais eficiência a geração própria de energia pelo maior número possível de consumidores. As concessionárias não devem desenvolver parques eólicos, sítios solares, ou outros espaços de fontes alternativas, deve sim melhorar a infraestrutura para que cada consumidor e empreendedor seja incentivado a desenvolver o seu próprio “parque” energético.

METODOLOGIA

Através de pesquisa sobre os problemas enfrentados pelas concessionárias atualmente, bem como de dados históricos de custo de tarifa total, bem como dos componentes que impactam o custo total das tarifas de conta de luz no Brasil, foi possível analisar os verdadeiros “vilões” do custo tarifário.

Outros dados foram levantados através de artigos específicos sobre o assunto, bem como sumários executivos desenvolvidos por empresas do setor e empresas de consultoria.

Consolidando e relacionando esses resultados e pesquisas, percebeu-se que, com o decorrer do crescimento das energias renováveis no Brasil, os custos tarifários que mais cresceram foram os relacionados a tributos, distribuição e transmissão, o custo em si da geração de energia reduziu, mostrando que na verdade o encarecimento das tarifas não tem relação com a

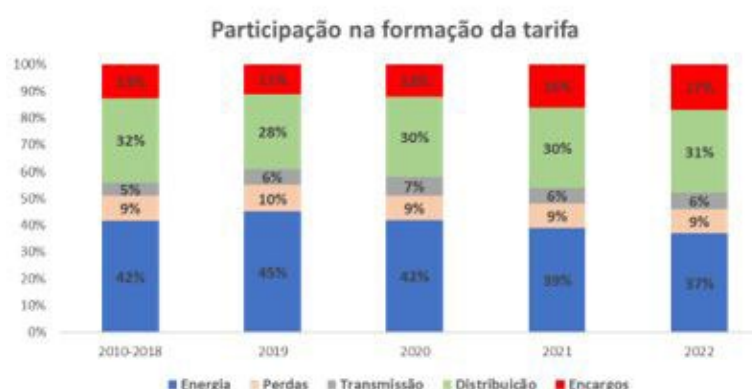
redução da demanda por parte de empresas e consumidores finais, e sim pela má utilização de recursos para investimentos em infraestrutura, bem como na melhoria da parte administrativa e de pessoas.

Verificou-se, acima de tudo, que devido a mudança de comportamento dos consumidores, as concessionárias precisam migrar de empresas geradoras e prestadoras de serviços, e incluir em suas ofertas de serviços a questão de consultora para o consumidor no que diz respeito a migração de compradores de energia para geradores.

DISCUSSÕES

Os custos de energia elétrica no Brasil são mais altos que seus parceiros internacionais, o discurso dado é de que o crescente aumento por investimentos particulares em energias renováveis como Eólica, Solar e, mais recentemente, Hidrogênio Verde, afeta a demanda, e consequentemente os custos se tornam mais altos.

Em parte podemos sim entender que uma queda de demanda cause um certo aumento devido, principalmente, aos altos custos fixos e administrativos que as concessionárias possuem, mas esse problema não é diretamente ligado a queda de demanda, mas sim aos investimentos incorretos feitos em distribuição, transmissão e infraestrutura, bem como os problemas com perdas energéticas que no Brasil chegam a ser de 18%, muito mais elevado em comparação a outras localidades como Europa e Estados Unidos que atingem os 8%.



Fonte: Agência Nacional de Energia Elétrica

Conforme dados da ANEEL (Agência Nacional de Energia Elétrica), podemos verificar que a participação do custo da geração de energia no total da tarifa vem caindo no decorrer do tempo, o que nos mostra que o problema de geração não é o fator principal do aumento de tarifa.

De imediato podemos destacar o aumento da participação dos encargos no valor total das tarifas, que mudou de 13% para 17% no ano de 2022, um aumento de quase 35%, ou seja, já conseguimos destacar sem muita análise que um dos fatores controlado pelo governo (federal, estadual e municipal) já é um grande causador de parte do impacto do crescimento das tarifas.

Aqui já identificamos um dos fatores mais danosos na econômica brasileira que são os encargos de impostos que causam grandes custos em mercadorias, serviços e outros tantos itens que nos impacta o dia a dia.

Em setores primordiais da Economia, como o setor energético, deveríamos ter taxas baixas pois é um segmento que impacta a vida da população de maneira direta e no dia a dia, contrário de redução de tributos para armas e veículos, que são itens que poderiam estar em patamares de tributação mais altas do que a energia em relação ao percentual cobrado.

Além dos tributos, os maiores impactantes de aumento de custo na tarifa estão na parte de infraestrutura: transmissão, distribuição e perdas energéticas.

Em relação a infraestrutura, o Brasil ainda possui regiões, e até cidades inteiras, que não possuem uma rede apropriada de atendimento de energia, precisando se utilizar de geradores para poder abastecer as suas casas com energia.

No Amazonas por exemplo, existem mais de 450 mil famílias que não possuem acesso à energia elétrica, e ao mesmo tempo, o governo discute sobre possível aumento de tributos para aqueles que buscam por geração própria de energia.

Outro fator importante que deveria ser levado em consideração das concessionárias nesses momentos de aumento de geração própria por parte dos consumidores, é a possibilidade de aumento da eficiência energética no atendimento daqueles que estão ligados a rede, pois com a redução de demanda, as possíveis quedas de distribuição e a baixa qualidade da energia que é entregue, tendem a serem menos impactantes, aumentando assim a qualidade do produto que o consumidor recebe em suas residências.

Muito se fala sobre a adaptação da fiação elétrica mudando de aérea para subterrânea, o que ajudaria na eficiência da energia elétrica, bem como minimizar possível danos ao cabeamento e a melhoria estética e visual das cidades.

Outro fator importante que é preciso aumentar o foco é na sinergia energética com outros países, possibilitando as trocas de fornecimento de energia auxiliando assim que essa energia possa chegar em locais onde hoje o país não tem a infraestrutura adequada para suportar cidades e famílias.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nesse estudo verificou-se que as concessionárias de geração de energia elétrica estão em um momento aparente de aumento de custos administrativos e produtivos devido à redução de demanda que o aumento de instalações de energias renováveis ao redor do país está passando, porém esse é um discurso muito simplista e político no qual o corre o contrário.

O aumento de investimentos externos ao das concessionárias para viabilizar a utilização de energias renováveis é o momento ideal para que as concessionárias foquem no viés de consultoria dessas novas demandas, pois percebe-se em muitos casos atrasos para a finalização dos projetos devidos a falhas ou pontos inadequados no processo de instalação, os quais poderiam ser minimizados se as concessionárias se envolvessem desde o início do processo.

Intensificar seus investimentos na adequação da infraestrutura de cabos, mudando de aéreos para subterrâneos, aproveitando assim esses novos empreendimentos e direcionando para que eles já se adequem a esse novo direcional de prática de instalação é outro ponto focal necessário.

O real apoio das concessionárias ao aumento de instalações de fontes de energias renováveis só trará benefícios, os que já foram tanto comentados como redução de custo aos consumidores, liberdade de geração da própria energia, impacto climático positivo, redução de emissões de gases nocivos, e acima de tudo elevar essas empresas a outros patamares de serviços prestados, seguindo assim com a evolução e a normal transformação de paradigmas antigos para os novos que se abrem no futuro.

REFERÊNCIAS

AGÊNCIA NACIONAL DE ENERGIA ELÉTRICA ANEEL. Dados Históricos de tarifas elétricas. Disponível em <https://www.gov.br/aneel/pt-br>.

AUDE, Marcelo. DECAIX, Guillaume. NOBELS, Kevin. PINTO, Juliana. How Brazil can optimize its cost of energy. McKinsey & Company. 2021. Disponível em <https://www.mckinsey.com/~media/mckinsey/industries/electric%20power%20and%20natural%20gas/our%20insights/how%20brazil%20can%20optimize%20its%20cost%20of%20energy/how-brazil-can-optimize-its-cost-of-energy-vf.pdf?shouldIndex=false>.

MCKINSEY & COMPANY. Global Energy Perspective 2022. 2022.

Ministério de Minas e Energia, Empresa de Pesquisa Energética. 2031 Plano Decenal de Expansão de Energia. Brasília: MME/EPE, 2022. Disponível em http://antigo.mme.gov.br/c/document_library/get_file?uuid=4a436146-bf03-c294-aa80-2eb13ea6d3cb&groupId=36208.

PWC. Estudo sobre carga tributária e encargos no setor elétrico brasileiro. 2020.

Plataforma BIM: uma tendência na construção

*Renato Willyames Xavier da Silva
Allan Junior Alves Siqueira
Allan Keven Bragado Brasil
Amanda Duarte Silva de Araujo
Morelia da Silveira Vargas
Jeffesson Garcia Barbosa Ribeiro
Alex Gomes Pereira*

DOI: [10.47573/aya.5379.2.118.3](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.118.3)

RESUMO

O mundo tem buscado constantemente inovar, na engenharia não é diferente, com o desenvolvimento do setor da construção civil ao longo das últimas décadas, verifica-se o desenvolvimento de novas tecnologias. Com a inserção dos programas CAD (AutoCAD, SolidWorks, Qcad, LibreCAD, Catia e Sketchup), muitas barreiras de comunicação foram quebradas, no entanto, muitos problemas persistiram. Com a inovação da plataforma BIM muitos pontos difusos foram solucionados por meio da engenharia simultânea. Apesar de sua existência já existir há algum tempo, é considerado uma maneira nova no mercado de trabalho pelo pouco uso no Brasil, o que em vista lógica, é um atraso em todos os aspectos, principalmente no funcionamento e agilidade em serviços de tecnologia da construção civil devido sua tamanha eficácia como software totalmente interativo tanto com o profissional durante seu manuseio quanto com o cliente em sua visualização.

Palavras-chave: BIM. construção civil. tecnologia. inovação.

ABSTRACT

The world has constantly sought to innovate, in engineering it is no different, with the development of the civil construction sector over the last few decades, there is the development of new technologies. With the insertion of CAD programs (AutoCAD, SolidWorks, Qcad, LibreCAD, Catia and Sketchup), many communication barriers were broken, however, many problems persisted. With the innovation of the BIM platform, many diffuse points were solved through simultaneous engineering. Despite its existence for some time, it is considered a new way in the job market due to the little use in Brazil, which in a logical view, is a delay in all aspects, especially in the operation and agility in construction technology services. civil due to its effectiveness as a fully interactive software both with the professional during its handling and with the client in its visualization.

Keywords: BIM. construction. technology. innovation.

INTRODUÇÃO

Durante um longo período de tempo, erros graves eram muito frequentes na execução de um projeto, resultado da ineficaz interação entre os responsáveis pela projeção e execução de uma obra. Para diminuir essa problemática, é necessário aprimorar a comunicação e a troca de informações entre os especialistas envolvidos no processo da construção.

À vista disso, a modelagem de informação da construção *Building Information Modeling* (BIM) surge como um dos maiores avanços na indústria da construção civil. A plataforma BIM representa uma nova metodologia e tecnologia capaz de permitir aos projetistas aderirem e antecederem informações de grande importância sobre o processo e método de construção. Estes métodos apresentam uma nova maneira de representação, dentro dos softwares de projeção, porque permite não só a visualização em 3D, mas também a gestão de informações durante todo o ciclo de vida de um edifício.

A adoção dessa tecnologia torna-se um passo de grande importância para o futuro, tendo

em vista os benefícios importantes e significativos no setor da construção civil, permitindo assim visualizar e prevenir erros que podem ocorrer durante o processo de execução da obra. Apesar destes modelos de informação possuírem vários benefícios, a implantação da metodologia BIM ainda não é universal devido à falta de capacitação dos projetistas e a falta de capital necessário para modernização da infraestrutura técnica.

BIM

O mecanismo *Building Information Modeling* (em português Modelagem de Informação da Construção, sigla BIM) é definido como uma tecnologia de modelagem associada a um conjunto de métodos para elaboração, comunicação e análise de modelos da construção (EAST-MAN *et al.*, 2011).

Breve histórico sobre a tecnologia BIM

A maneira rápida que as informações geram novos clientes cada vez mais exigentes em suas necessidades, cabendo ao profissional da construção que deseja disputar no mercado acompanhar esse processo evolutivo. O que tornará um profissional capaz de competir será sua capacidade de proporcionar soluções que, em princípio, atendam aos interesses propostos pelo cliente (ROSSO, 1980).

A tecnologia aplicada a esse conceito favoreceu a competitividade, mudando a forma convencional em que os desenhos são realizados com pranchetas e réguas, para o método mais utilizado atualmente que são com o auxílio de computadores, amenizando o tempo gasto com o projeto. Algum tempo depois isso passou a ser insuficiente e então a tecnologia mais uma vez se mostrou em uma contínua evolução, apresentando um sistema de modelagem que permite visualização em 3D.

Os estudos volumétricos, em uma etapa de projeção, servem para uma análise do projeto, verificando as interferências técnicas, como as superfícies de cobertura. Assim, o desenvolvimento de maquetes eletrônicas tornou-se uma ferramenta de grande importância para melhorar a compreensão do sistema criado e das interferências que possam surgir (KOWALTOWSKI *et al.*, 2006).

Essa metodologia também vem aos poucos tornando-se ultrapassada, fruto do surgimento de um novo conceito no mercado conhecido por BIM. Referente ao conjunto de informações geradas e mantidas ao longo de um ciclo da vida de uma edificação, esse tipo de sistema trabalha com informações de parâmetros comuns, onde a modificação de uma peça dentro do contexto modifica as demais automaticamente. Essas informações contidas no modelo virtual são utilizadas como ferramenta para quantificação, análise de desempenho dos sistemas construtivos, análises de interferências, entre outros (MONTEIRO & MARTINS, 2011).

Essa nova forma de representar uma edificação a ser construída, unindo novas tecnologias e técnicas gerenciais, marca a propagação da engenharia simultânea. Baseada na execução de tarefas em paralelo e na troca de informação de forma constante e eficaz entre os diversos agentes do processo, tem como suporte ao uso da Tecnologia de Informação, sendo facilitada pela utilização do BIM.

Segundo Yessios (2004), Monteiro e Martins (2011) e Garcia *et al.* (2015) o surgimento dos conceitos de virtualização, modelagem e gerenciamento da plataforma BIM remonta para as teorias desenvolvidas desde o final da década de 1970, o qual Charles M. Eastman do Instituto de Tecnologia da Geórgia e outros pesquisadores desenvolveram o conceito *Building Description System* (em português Sistema de Descrição da Construção, sigla BDS), cujo objetivo era comprovar que uma descrição de uma obra fundamentada em um computador, seria capaz de replicar ou melhorar todos os aspectos dos desenhos, fortalecendo um meio para o desenvolvimento de projeto, construção e operação, além de eliminar maioria de suas fraquezas (EASTMAN *et al.*, 2011).

Em 1992, Van Nederveen e Tolman publicaram um trabalho científico abordando diferentes percepções sobre a modelagem na construção, esta vertente mais tarde deu origem ao termo *Modeling Building Information*, que posteriormente foi chamado de BIM, o qual, mais tarde, serviu para o desenvolvimento do sistema computacional. Os anos seguintes foram caracterizados pela consolidação da utilização da plataforma em diversas partes do mundo.

Compatibilização de projetos

A compatibilização de projetos é definida como o gerenciamento de diversos projetos e sistemas de uma edificação de modo que estes, por serem dependentes entre si, não se interfiram, criando soluções integradas entre as diversas áreas que tornam o empreendimento melhor. Assim, essa característica deve ser válida e confiável desde o princípio dos estudos de caso até o início das atividades para ele destinadas (JÚNIOR & SCHEER, 2007).

De acordo com Júnior & Scheer (2007) uma maneira para acabar com os problemas de incompatibilidades encontradas em projeto é o uso da plataforma BIM. Esse tipo de plataforma integra os projetos e os projetistas, fazendo com que trabalhem em cima de um projeto base, geralmente o de arquitetura. Esse processo demanda certo investimento no início para a compra de softwares e de um computador com grande capacidade de processamento de gráficos 3D e informações.

Vantagens e desvantagens da plataforma BIM

De acordo com Alves (2014) às principais vantagens apresentadas pelo sistema BIM é a diminuição de erros de desenhos, visto que permite que possíveis problemas sejam observados na fase de projetos e resolvidos antes do início da construção. Além disso, Alves (2014) explica que a visualização 3D da plataforma facilita uma melhor compreensão do projeto, permitindo que projetistas e empreiteiros trabalhem juntos para identificar e resolver problemas com o modelo, possibilitando a redução dos prazos do projeto. Ainda de acordo com o autor, o BIM possui o benefício de outros conceitos com o 4D, que se refere a programação, auxiliando no planejamento e gestão da construção. Favorecendo por meio dos modelos, a verificação da logística local e operação de medições, podendo incluir componentes temporários, como guindastes, caminhões e cercas, fazendo parte do plano de logística.

Referente às desvantagens do uso do sistema BIM, Alves (2014) cita o alto investimento inicial, assim como a sua amortização, com altos gastos com treinamento. Dantas Filho (2015) destaca outras desvantagens da plataforma BIM, como a incompatibilidade com softwares parceiros, e os tamanhos dos arquivos produzidos, já que devido à grande quantidade de informa-

ções dos projetos, apresenta uma capacidade grande em seu formato, o que restringe envio de arquivos por correio eletrônico.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A metodologia BIM, ganhando hodiernamente mercado no Brasil, tem muitos benefícios para a construção civil em geral, podendo minorar custos de pequenos e grandes empreendimentos, estando aberta a todos os públicos e pessoas e facilitando o entendimento para os mais leigos, por projetar os processos construtivos em ferramentas 3D de fácil visualização. A integração de todos os envolvidos na obra desde planejamento até a entrega final também é eficaz, mesclando atividades e excluindo as que não são necessárias agrega maior confiabilidade, segurança, menor custo e reajuste para as edificações.

É bem verdade que não existem apenas benefícios e corriqueiramente são encontradas dificuldades na instalação da plataforma BIM nas empresas, sejam elas públicas ou privadas, primeiramente, no Brasil ainda é escassa a mão de obra especializada nos softwares necessários, os investidores têm uma certa rejeição por se tratar de ferramentas que demandam máquinas apropriadas e que consigam visualizar e modificar os dados quando preciso, mas a maior dificuldade se encontra nos profissionais mais experientes em adentrar nessas novas tecnologias e treinar a equipe para recebê-la, o que muitos ainda hoje consideram perda de tempo e dinheiro, mas que se bem aplicado pode reduzir o custo da obra, os problemas e aumentar a credibilidade de todas as partes envolvidas.

REFERÊNCIAS

ALVES, C. C. G. C. Plataforma BIM na construção civil: vantagens e desvantagens na implantação. 2014. Trabalho de conclusão de curso - Universidade Católica de Brasília, 2014.

DANTAS FILHO, J. B. P.; BORGES, A. V. G.; SOARES, G. N.; DE SOUZA, D. S. V.; GUERRA, R. S.; CARDOSO, D. R.; NETO, J. P. B. Estado de adoção do building information modeling (BIM) em empresas de arquitetura, engenharia e construção de Fortaleza-CE. VII Encontro de Informação e Comunicação na Construção (TIC 2015), Recife, 2015.

EASTMAN, C.; TEICHOLZ, P.; SACKS, R.; LISTON, K. BIM Handbook: A Guide to Building Information Modeling for Owners, Managers, Designers, Engineers, and Contractors. 2nd ed. New Jersey, John Wiley & Sons, 2011.

GARCIA, D. S. P.; ALBANO, J. F.; WANDSCHEER, M. A.; SANTOS, F. F. F.; FRAGA, P. G. R.; D'AZEVEDO, Z. S.; DI RADO, G. R. Diretrizes para o Desenvolvimento de um Sistema Avançado para Estudos e Projetos Viários: o conceito BIM na construção da plataforma SAEPRO. Revista Estradas (Porto Alegre), v. 14, p. 14, 2015.

KOWALTOVSKI, D. C. C. K.; CELANI, M. G. C.; MOREIRA, D. C.; PINA, S. A. M. G. RUSCHEL, R. C.; SILVA, V. G.; LABAKI, L. C. PETRECHE, J. R. D. Reflexão sobre metodologias de projeto arquitetônico. Ambiente Construído, v. 6, n. 2, p. 07-19, 2006.

LIPPAUS, A. O.; LACERDA, B. M. O uso da tecnologia BIM em escritórios de arquitetura e engenharia em Porto Velho - RO. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Civil) - Faculdade

De Educação E Cultura de Porto Velho, Porto Velho, 2019.

JÚNIOR, J. M.; SCHEER, S. Estudo comparativo de compatibilização de projetos 2D e 3D com ênfase na valorização de projetos e projetistas. In: V Workshop de Gestão de Processo de Projeto na Construção de Edifícios, Anais... Florianópolis, 2007.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. P. Building Information Modeling - Funcionalidades e aplicação. International Conference on Engineering UBI2011, 2011.

MONTEIRO, A.; MARTINS, J. P. Building Information Modeling (BIM) - teoria e aplicação. Conference: ICEUBI2011 International Conference on Engineering UBI 2011 - Innovation and Development, 2011.

ROSSO, T. Racionalização da construção. São Paulo, USP, FAU, 300 p. 1980.

YESSIOS, C. I. "Are We Forgetting Design?". AECbytes Viewpoint, v. 10, 2004.

**Aplicação do método Muskingum
de propagação de cheias para as
bacias dos rios Jotuba e Pitangui em
Ponta Grossa – PR para cenários de
urbanização**

*Guilherme Sandaka
Alceu Gomes de Andrade Filho
Eveline Janik Brik*

DOI: [10.47573/aya.5379.2.118.5](https://doi.org/10.47573/aya.5379.2.118.5)

RESUMO

O presente trabalho teve por objetivo investigar a ocorrência de armazenamento de vazão entre as seções de investigação 3 e 4 tanto para o rio Pitangui, quanto para o rio Jotuba na bacia hidrográfica do Manancial Alagados, no município de Ponta Grossa, no Estado do Paraná. O mesmo é uma continuação do trabalho desenvolvido em “Manancial Alagados – Análise Evolutiva para vários Cenários de Ocupação” desenvolvido por Brik e Sandaka em 2012. Foram obtidos os hidrogramas de enchente para a área incremental entre as seções investigadas através dos métodos CUHP (Colorado Urban Hydrograph Procedure) e do Hidrograma Unitário Triangular desenvolvido pelo SCS (Soil Conservation Service) dos Estados Unidos da América. O método Muskingum foi utilizado para verificar o armazenamento entre as seções e quantificá-lo. Os dados obtidos serão usados para incrementar o banco de dados sobre a bacia hidrográfica, o qual serve de subsídio para o órgão gestor elaborar ações de prevenção e mitigação de impactos ambientais, bem como a tomada de decisões para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis no local.

Palavras-chave: hidrograma. enchente. Muskingum.

INTRODUÇÃO

O estudo e gerenciamento da rede de drenagem de uma região é um subsídio fundamental na prevenção de catástrofes naturais, tais como enchentes, que podem causar danos e perdas humanas e materiais para comunidades localizadas à margem de rios e córregos. Não obstante, podem-se acompanhar casos de cheias em rios que geram sérios danos à população, principalmente às mais carentes, levando-nos a pensar sobre a importância de se conhecer as bacias hidrográficas e a sua dinâmica.

As bacias hidrográficas são as unidades em que são desenvolvidos planos de ocupação, estudos ambientais e o desenvolvimento de redes de drenagem que comportem a precipitação. O conhecimento de suas características físicas e o estudo detalhado do escoamento, são ferramentas necessárias para o planejamento correto, de modo a evitar problemas futuros.

O método Colorado *Urban Hydrograph Procedure* (Denver, 2008) é usado para a determinação da precipitação efetiva em uma bacia hidrográfica, a qual juntamente com o hidrograma triangular sintético, após ser convertido para hidrograma unitário curvilíneo através da metodologia desenvolvida pelo *Soil Conservation Service* (1974) torna possível a obtenção do hidrograma de enchente.

A aplicação de hidrogramas de enchente é usada para a previsão e prevenção de enchentes, avaliação de medidas de controle de cheias, e determinação dos efeitos da urbanização em uma região. Muitos sistemas de avisos de enchente desenvolvidos pelo NOAA e *Corps of Engineers* utilizam esta técnica para prever enchentes antes de seu acontecimento e os efeitos de uma tempestade severa. Este método ainda é usado para o dimensionamento de pequenas, médias e grandes represas. (LEWIS, 2002)

Este estudo é uma continuação da pesquisa descrita por Sandaka e Brik, 2012 em “Manancial Alagados – Análise Evolutiva para vários Cenários de Ocupação”, elaborado por Brik e Sandaka em 2012, a qual mostrou um comportamento anormal da bacia hidrográfica tanto para

o rio Jotuba, quanto para o rio Pitangui. As vazões obtidas entre as seções de investigação 3 e 4 de ambos os rios apresentaram um *déficit*, sendo que o normal seria a vazão sofrer um aumento à medida em que percorremos o rio de montante para jusante.

Neste projeto de investigação pretende-se verificar a ocorrência de armazenamento entre as seções 3 e 4 dos rios Pitangui e Jotuba através da aplicação do *Método Muskingum*, fazendo-se uso dos hidrogramas obtidos para o cenário de ocupação atual da bacia hidrográfica, que corresponde à uma taxa de recobrimento do solo de 15% com o tipo de cobertura 4 (terrenos cultivados em fileiras) obtidos por Sandaka e Brik em 2012.

Os dados obtidos serão usados para incrementar o banco de dados sobre a bacia hidrográfica, o qual serve de subsídio para o órgão gestor elaborar ações de prevenção e mitigação de impactos ambientais, bem como a tomada de decisões para o melhor gerenciamento dos recursos hídricos disponíveis no local.

FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Em estudos dos canais naturais, pode ser recomendável a investigação dos efeitos de armazenamento neste canal, geralmente é aplicado este estudo em seções consecutivas, devido à presença de meandros do rio, ou seja, as curvas naturais do canal, pela diminuição da declividade em certos pontos e pelo efeito da represa (espelho d'água). Pois a notificação destes parâmetros no canal permite a melhor identificação do comportamento no aspecto geral da bacia hidrográfica.

O armazenamento na bacia hidrográfica é dado por todos os componentes de vazão por um determinado tempo, segundo SOARES (2004) existem vários tipos de armazenamento, tais como: Armazenamento por interceptação formado pela água retida na parte aérea da vegetação, seu efeito no deflúvio é pequeno (ou desprezível), exceto em situações de chuva fraca quando a vegetação que cobre cursos d'água intercepta até 50% da precipitação de canal. Armazenamento por retenção na superfície é a fina camada de água que molha a superfície do solo antes de começar a ocorrer fluxo superficial, porém, quando a infiltração é maior que a precipitação, este termo não precisa ser levado em conta. Armazenamento por detenção na superfície é a água retida pela resistência da superfície, ou seja, pela rugosidade em relação ao fluxo lateral (em declive), permitindo que a maior parte da água se infiltre. Armazenamento em depressões é a água que fica empossada em depressões, terraços de contenção (curvas de nível).

Uma das formas de definir o armazenamento no canal é utilizando-se do método de propagação de enchentes, o qual é uma técnica usada para determinar o efeito do canal ou reservatório definindo o deflúvio. Na medida em que o deflúvio desloca-se rio abaixo, seu período de duração aumenta e a vazão de pico diminui.

Com isso tem-se que a determinação de propagação de cheia em um curso d'água natural é bem mais complexa do que em um canal prismático e retilíneo, pois no curso d'água natural, ou rio, a variação da forma e geometria da calha, a declividade e o coeficiente de rugosidade do leito do rio, tornam o cálculo mais complexo pela dificuldade na determinação destes parâmetros. Por isso utilizam-se os modelos hidrológicos, os quais são baseados nos conceitos de prisma de armazenamento e cunha de armazenamento que ocorrem no trecho do canal durante

a passagem de uma onda de cheia.

O Método Muskingum é um modelo hidrológico comumente usado para quantificar a relação descarga-armazenamento em um determinado canal. Neste modelo, o volume armazenado de escoamento no canal de um rio é determinado pela combinação da cunha e do prisma de armazenamento. Durante o avanço de uma onda de cheia, a vazão de entrada excede a vazão de saída, resultando em um balanço negativo. Além disso, ocorre um prisma de armazenamento, o qual é formado por um volume de seção transversal constante, no decorrer do comprimento do canal prismático. (VEN TE CHOW, 1987).

O método de Muskingum, foi desenvolvido por McCarthy em 1938, por meio de estudos de controle de cheias na bacia do rio Muskingum, nos Estados Unidos. Este método consiste na utilização da equação da continuidade e de relações entre o armazenamento e as vazões de entrada e de saída. Portanto leva em consideração a cunha de armazenamento formada no rio. Sendo definido pelas seguintes equações:

Assumindo que área da seção transversal do escoamento é diretamente proporcional ao caudal nessa seção, o volume do prisma é dado por:

$$V_{\text{prisma}} = K.O \dots\dots\dots(1)$$

Onde:

K = constante de cumulação; aproxima-se, em geral, do tempo de deslocamento da onda no trecho;

O = vazões de saída.

E o volume da cunha é calculado por:

$$V_{\text{cunha}} = K \cdot x \cdot (I - O) \dots\dots\dots(2)$$

Onde:

x = fator de ponderação em geral, varia entre 0 e 0,3;

I = vazões de entrada.

Assim a função de armazenamento é dada por:

$$S = K \cdot O + K \cdot x \cdot (I - O) \dots\dots\dots(3)$$

$$S = K \cdot (x \cdot I + (1 - x) \cdot O) \dots\dots\dots(4)$$

Onde:

S = armazenamento.

O fator de ponderação x é igual a zero quando não existe cunha, nesta situação trata-se do modelo de um reservatório suficientemente largo e fundo para que a superfície livre seja sempre horizontal, mesmo quando existe entrada de água numa extremidade e saída na outra. Em leitos naturais o valor de x costuma variar entre 0 e 0.3, sendo normalmente 0.2, de acordo com (VEN TE CHOW, 1987).

Então se substitui a equação 4 na equação da continuidade representada pela equação 5, pois o procedimento numérico para o cálculo da propagação de cheias é realizado por meio da equação da continuidade na forma de diferenças finitas, para cada intervalo de tempo (Δt) adotado, com isso obtém-se os coeficientes.

$$\frac{I^i + I^{i+1}}{2} - \frac{O^i + O^{i+1}}{2} = \frac{S^{i+1} - S^i}{\Delta t} \dots\dots\dots(5)$$

$$O_2 = C_0 \cdot I_1 + C_1 \cdot I_2 + C_2 \cdot O_1 \dots\dots\dots(6)$$

$$C_0 = - \frac{K \cdot x - 0,5 \cdot \Delta t}{K - K \cdot x + 0,5 \cdot \Delta t} \dots\dots\dots(7)$$

$$C_1 = - \frac{K \cdot x + 0,5 \cdot \Delta t}{K - K \cdot x + 0,5 \cdot \Delta t} \dots\dots\dots(8)$$

$$C_2 = - \frac{K - K \cdot x - 0,5 \cdot \Delta t}{K - K \cdot x + 0,5 \cdot \Delta t} \dots\dots\dots(9)$$

No processo de propagação da cheia os valores de x devem ser menores ou iguais do que a diferença entre o intervalo de tempo e duas vezes o valor de K , esta diferença por sua vez deve ser menor ou igual ao valor obtido de um menos x , esta relação deve ser seguida para que os valores da vazão de saída não sejam negativos. (PORTO, 1995)

O método Muskingum-Cunge oferece duas vantagens sobre os métodos de estudos cinemáticos das ondas. Primeiramente, a solução é obtida através de uma equação algébrica linear (equação 6), ao invés de diferenças finitas ou aproximação por equações diferenciais; isto permite obter o hidrograma para uma determinada seção transversal, ao contrário do método cinemático, o qual exige um estudo detalhado do comprimento total do talvegue do rio. Ainda, a solução utilizando-se o método linear, tende a resultar em uma onda menos atenuada, permitindo maior flexibilidade na escolha da razão de tempo e espaço para incrementos, diferentemente do método cinemático. (VEN TE CHOW, 1987).

O hidrograma unitário é a função de resposta de um sistema hidrológico linear à entrada de um volume unitário no sistema num intervalo de tempo Δt , (Sherman, 1932 *apud* Chow, 1988). Sendo que o hidrograma unitário de uma bacia hidrográfica é definido como o hidrograma de escoamento superficial direto resultante de um centímetro de precipitação efetiva uniformemente distribuída sobre a bacia hidrográfica com intensidade constante e duração unitária.

Por meio do hidrograma unitário pode-se determinar a vazão máxima e o tempo de pico da seção em estudo.

MATERIAIS E MÉTODOS

Com o objetivo de se obter os hidrogramas de enchente para vários cenários de ocupação da bacia hidrográfica do Manancial Alagados, utilizou-se da metodologia descrita no estudo

“Manancial Alagados – Análise Evolutiva dos Hidrogramas de Enchente Para Vários Cenários de Ocupação”, elaborado por Brik e Sandaka em 2012.

A bacia hidrográfica do Manancial Alagados, possui uma área total de contribuição hídrica de 375,7 km², sendo abrangida em 13,9% pelo município de Ponta Grossa, 36,4% pelo município de Carambeí e 49,7% pelo município de Castro, tendo como principais tributários o rio Pitanguí e o rio Jotuba. (PILATTI *et al*, 2002)

A principal atividade realizada no perímetro da bacia é a agricultura, destacando-se o cultivo de grãos e também as atividades ligadas à pecuária tais como a criação de gado leiteiro, aves e suínos.(BRIK e SANDAKA, 2012)

Primeiramente determinou-se a precipitação efetiva, que é a parcela da precipitação que escoar na superfície do solo, ou seja, não infiltra devido à presença de áreas impermeáveis. O processo de cálculo para essa parcela da chuva foi realizado seguindo o método *Colorado Hydrograph Urban Procedure* (Denver, 2008) e foi realizado para cada uma das seções de estudo.

Foi calculado, a seguir, o Hidrograma Unitário Triangular, partindo-se da velocidade de escoamento determinada através do ábaco elaborado pelo *Soil Conservation Service* (1974). Determinou-se também o tempo de concentração para cada uma das seções de estudo, conforme a equação estabelecida por *Chezy-Manning*, e os demais parâmetros necessários para a execução dos cálculos.

Uma vez obtido o hidrograma triangular, fez-se a conversão do mesmo para o hidrograma unitário curvilíneo, utilizando-se das tabelas fornecidas pelo *Soil Conservation Service* (1974). Para o cálculo da precipitação excedente, que deu origem ao hidrograma de enchente, foi utilizado um intervalo de chuva unitária de 10 minutos.

A elaboração do hidrograma de enchente para as seções de estudo da bacia hidrográfica, foi realizada através do método *Colorado Hydrograph Urban Procedure* (Denver, 2008), para um período de chuva unitária de 10 minutos.

Conforme o curso d'água de um rio segue de montante para a jusante, a tendência natural da vazão escoada pelo canal é aumentar, entretanto, notou-se no trabalho de investigação, que a variação de vazão obtida da seção de estudo de número três, para a seção de estudo de número quatro, tanto para o rio Jotuba, quando para o rio Pitanguí, sofre uma redução neste trecho (figura 1 e figura 2).

Na seção de estudo P3, a vazão de pico obtida foi de 58,631 m³/s, num tempo de pico de 1590 minutos, ao passo que na seção P4, a vazão de pico encontrada foi de 51,904 m³/s, num tempo de pico de 3170 minutos. Para o rio Jotuba, a vazão máxima encontrada na seção J3, foi de 77,460 m³/s em 1220 minutos de escoamento direto, já a seção J4 apresentou vazão de pico de 65,920 m³/s, num tempo de pico de 1810 minutos.

Figura 1 – Hidrograma de enchente das seções J3 e J4

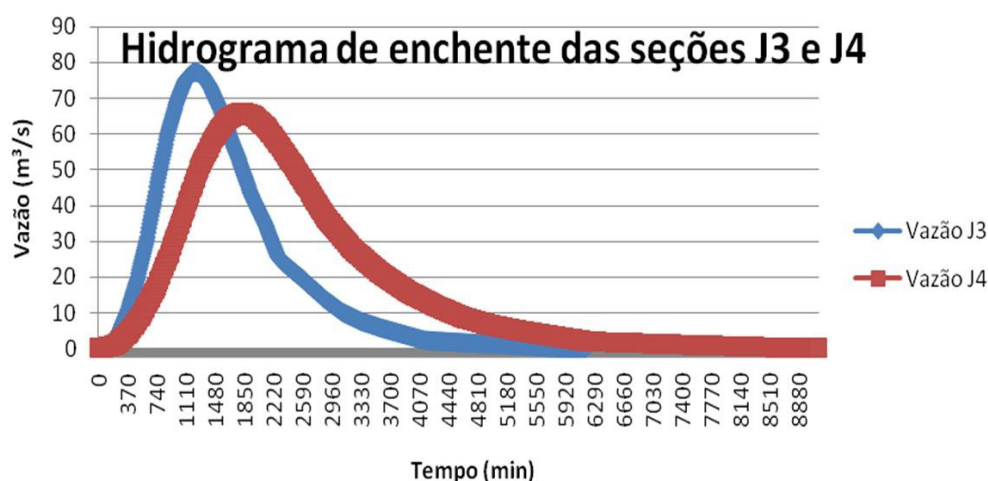
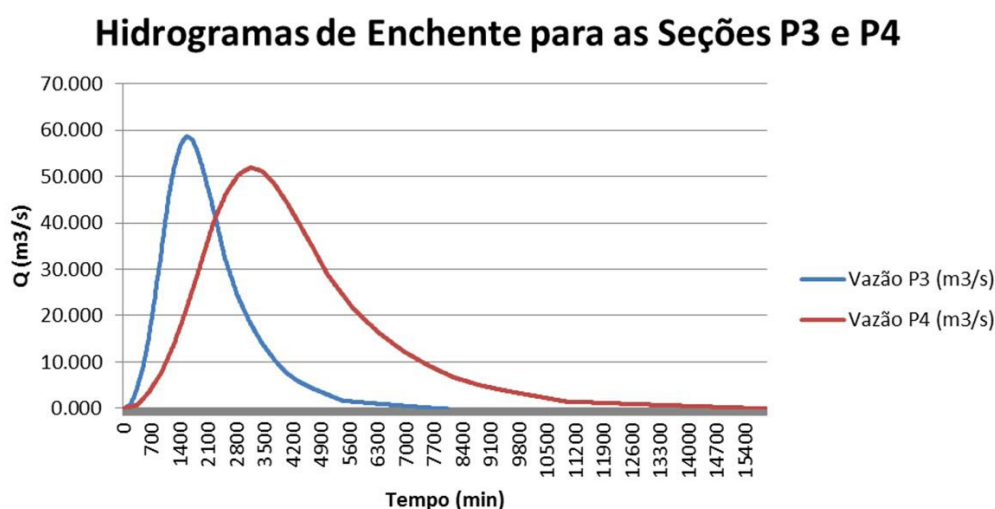


Figura 2 – Hidrograma de enchente das seções P3 e P4



Com o intuito de se investigar e quantificar o armazenamento ocorrido na calha do rio, entre as seções P3 e P4 e, J3 e J4, foi aplicado o método Muskingum, o qual leva em conta as características físicas da seção do canal. Sua aplicação básica se dá através do balanço hídrico para um canal, no qual a vazão de saída deve ser a soma da vazão de entrada com o montante de vazão armazenado em sua calha.

Primeiramente, determinou-se o hidrograma de projeto para as áreas incrementais, ou seja, foi realizado o estudo de vazão entre as seções de estudo 3 e 4, tanto para o rio Jotuba, quanto para o rio Pitangui. A metodologia seguida para a elaboração dos hidrogramas de enchente é a mesma descrita por Sandaka e Brik, 2012 em “Manancial Alagados – Análise Evolutiva para vários Cenários de Ocupação” (Brik e Sandaka, 2012) entretanto, as características físicas para determinação da precipitação efetiva e determinação dos hidrogramas são referentes à área incremental. Para determinação da declividade do rio entre as seções de estudo correspondentes, foram feitos levantamentos de campo, com o auxílio de GPS. Os dados foram coletados durante a coleta mensal para o controle de qualidade de água da Sanepar, pois as seções de estudo são as mesmas que as utilizadas para coleta de amostras para análise físico-química. Devido à impossibilidade de coleta de dados altimétricos nas seções J1 e J3, a determinação da declividade nessas seções foi feita com o auxílio de cálculos topográficos, pois se tem conheci-

mento das distâncias entre as seções e cota vertical das outras duas seções intermediárias.

Uma vez determinado o hidrograma de projeto referente à área incremental de estudo, determinou-se a constante “K”, que é também chamada de constante de tempo de trânsito. Para tanto se fez uso da planilha eletrônica do Microsoft Excel, a qual foi elaborada por Porto em 1995. Os dados aplicados nessa planilha foram às vazões com seus respectivos tempos, determinados no hidrograma de enchente para as seções J3 e P3, os quais são os hidrogramas de entrada (in-flow) e também os hidrogramas de saída (outflow) para o trecho, os quais são correspondentes às seções J4 e P4 para a bacia analisada.

O volume acumulado $\sum S$ é grafado contra a vazão ponderada, $xI + (1-x)O$, para vários valores de x (no caso de estudo para a bacia do manancial alagados, variou-se os valores da constante x entre 0,1 e 0,3, com intervalos de um décimo, conforme sugerido pelo autor), e o gráfico que mais se aproximar de uma função linear é o que provê o melhor valor de x . O método Muskingum assume que esta relação é uma linha reta com coeficiente angular igual a K , dado pela equação 00. (PORTO, 1995)

$$K = \frac{0,5\Delta t[(I_i + I_{i+1}) - (O_i + O_{i+1})]}{x(I_{i+1} - I_i) + (1-x)(O_{i+1} - O_i)}$$

Uma vez determinados os parâmetros K e x , procedeu-se com o cálculo da propagação através de planilha eletrônica, fazendo-se uso do programa MUSKINGUM.XLS, no qual, o hidrograma de projeto correspondente à seção de estudo 3 é usado como o hidrograma de entrada. Para tanto, o mesmo foi tabulado em intervalos de 30 minutos, de acordo com sugestão do método. Foram calculados também os valores dos coeficientes C_0 (equação 7), C_1 (equação 8) e C_2 (equação 9). A propagação foi calculada através do método das diferenças finitas, a qual na planilha de cálculo é a soma da vazão num determinado tempo de escoamento multiplicado pelos coeficientes citados.

O hidrograma propagado utilizado para análise do escoamento é obtido somando-se o hidrograma referente à área incremental entre as seções 3 e 4, tanto para o rio Jotuba, quanto para o rio Pitangui com os resultados obtidos na planilha eletrônica citada no parágrafo anterior. É de fundamental importância que os valores de vazões obtidas para a propagação e para o hidrograma referente à área incremental estejam em sintonia, para tanto, ambos os hidrogramas foram somados com os seus valores de vazão no tempo tabulados de 30 em 30 minutos.

Determinado o hidrograma propagado, procedeu-se à comparação com o hidrograma de projeto obtido no estudo anterior para a seção de estudo J4 e P4, que são as seções de saída da bacia hidrográfica a fim de se quantificar o armazenamento na calha do rio e verificar a hipótese de armazenamento levantada no trabalho de investigação anterior.

ANÁLISE DE RESULTADOS

Devido à variação de escoamento ocorrido entre as seções de análise 3 e 4, tanto para os rios Jotuba e Pitangui, foi desenvolvido o método Muskingum de Propagação de Cheias para a bacia hidrográfica do manancial alagados. Os hidrogramas de enchente referentes às áreas incrementais de estudo apresentaram um tempo de pico de 1320 minutos (22 horas) com uma

vazão de 37,530 m³/s para o rio Jotuba (Figura 3) e um tempo de pico de 1320 minutos (22 horas) com uma vazão de 37,530 m³/s para o rio Pitanguí (Figura 4). Os hidrogramas foram obtidos levando-se em conta a tipologia de recobrimento para o cenário atual de ocupação (terrenos gramados cultivados em fileiras) e a declividade utilizada foi a real, ou seja, entre as seções de estudo subsequentes, a qual foi obtida através de medidas em campo e cálculos trigonométricos. A declividade para a área de análise encontrada para o rio Jotuba foi de 0,000346 m/m e para o rio Pitanguí foi encontrada uma declividade real de 0,00085 m/m.

Figura 3 – Hidrograma de enchente da área incremental – J3 e J4

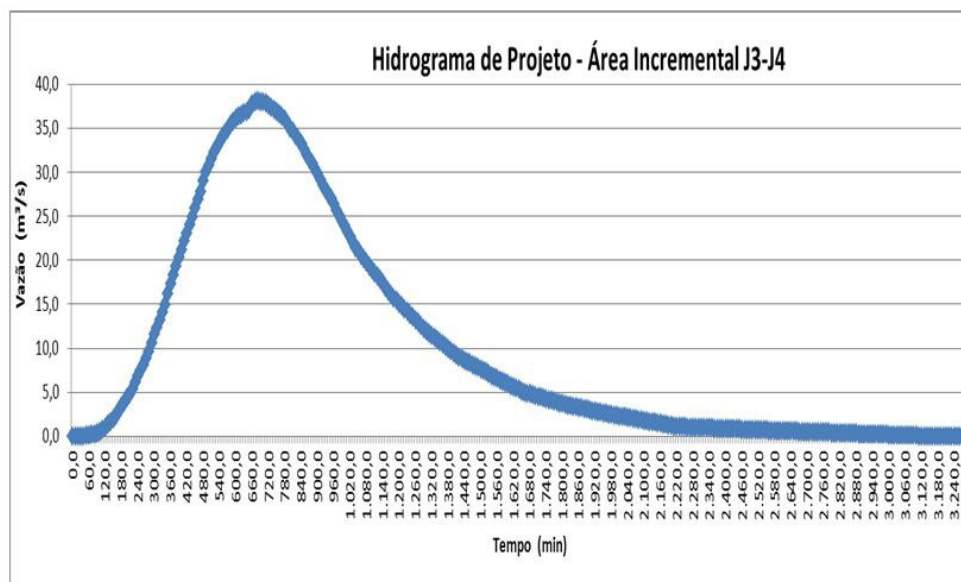
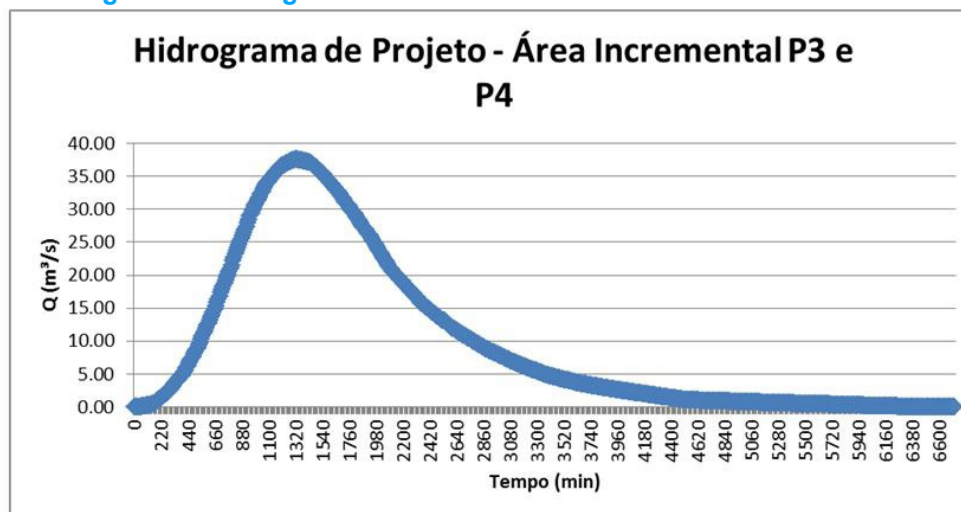


Figura 4 – Hidrograma de enchente da área incremental – P3 e P4



De acordo com o método, a melhor combinação dos valores K e x é obtida através do gráfico volume acumulado $\sum S$ grafado contra a vazão ponderada, $xI + (1-x)O$, que mais se aproxima de uma reta e, para o rio Jotuba obteve-se zero para o valor de x e 13,376 para a constante K. Para o rio Pitanguí, a melhor combinação de valores K e x foram de 22,319 e 0 respectivamente. Tendo-se estes valores é possível determinar através das fórmulas apresentadas anteriormente, as vazões de saída das áreas incrementais, pois já são conhecidos os valores das vazões de entrada e por meio destes valores se fazer o hidrograma propagado das cheias. Estes hidrogramas estão representadas nas figuras a seguir, sendo a figura 5 referente a área incremental do rio Jotuba e a figura 6 referente a área incremental do rio Pitanguí.

Figura 5 – Hidrograma propagado da área incremental – J3 e J4

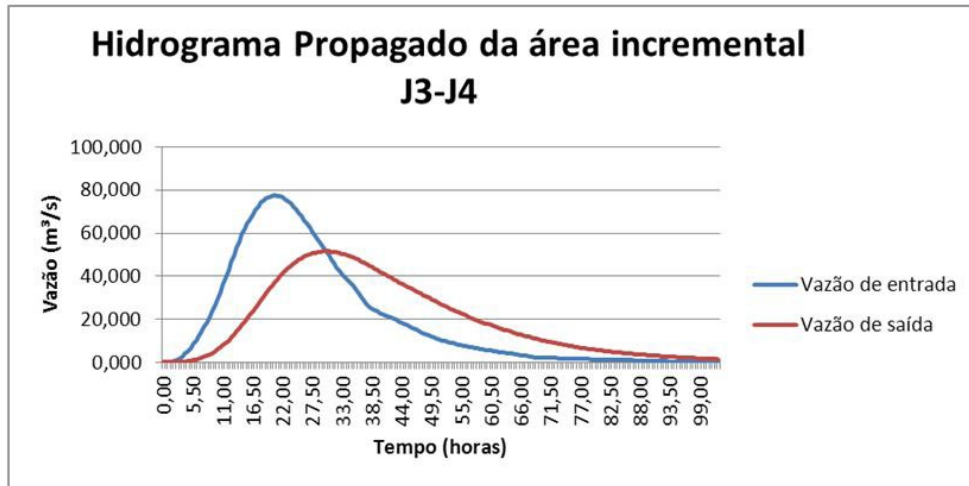
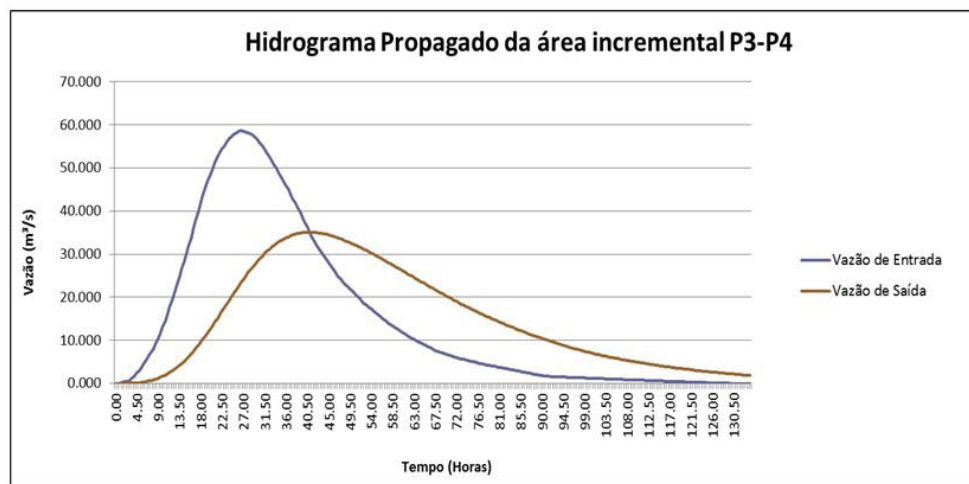


Figura 6 – Hidrograma propagado da área incremental – P3 e P4



Somando-se os valores dos hidrogramas de enchentes das áreas incrementais com os hidrogramas propagados obtêm-se o hidrograma final referente a área incremental, o qual nos permite verificar a vazão máxima e o tempo de pico, estes valores comparados com os valores obtidos no artigo Manancial Alagados – Análise Evolutiva dos Hidrogramas de Enchente Para Vários Cenários de Ocupação (Brik e Sandaka, 2012) nota-se a porcentagem de erro, entre as respostas feitas através de um método e outro, onde nas figuras 7 e 8 é representado o hidrograma de enchente referente ao Jotuba e Pitangui respectivamente.

Figura 7 – Hidrograma de enchente – J3 e J4

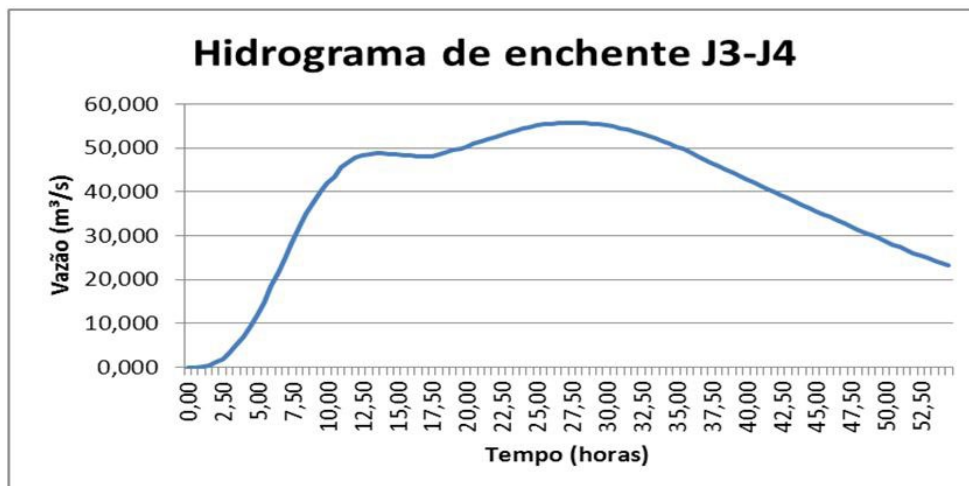
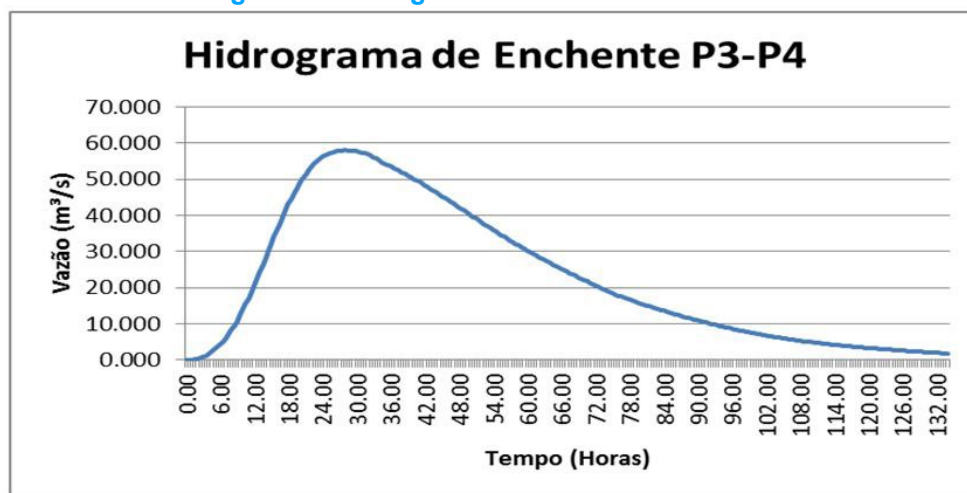


Figura 8 – Hidrograma de enchente – P3 e P4



Observando-se os resultados do método Muskingum a vazão máxima do rio Jotuba foi de 55,742 m³/s e o tempo de pico de 27 horas, sendo a vazão máxima e tempo de pico obtidos por meio do método CUHP de 65,92 m³/s e 30,17 horas, sendo assim o erro entre um método e outro foi de 18,25% e 11,73% para a vazão e o tempo de pico. Se comparado com o hidrograma da seção J3, os erros são de 38,97% e 24,69% para a vazão e o tempo de pico respectivamente. Já no rio Pitangui os valores da vazão máxima e tempo de pico foram de 58,132 m³/s e de 30,50 horas respectivamente através do método de muskingum e de 51,900 m³/s com um tempo de pico de 52,83 horas para o método do CUHP, obtendo-se um erro de 10,72% para a vazão e 42,26% para o tempo de pico. Entretanto, comparando-se o hidrograma propagado com o hidrograma de entrada (P3), a vazão de pico apresenta um erro de aproximadamente zero e o tempo de pico em torno de 15%, confirmando assim, a hipótese de armazenamento na calha do rio.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

Observando-se os valores obtidos percebe-se que para o rio Jotuba quando se faz as duas comparações tem-se que a vazão de pico é deslocada para a direita no hidrograma, comprovando assim que o armazenamento é evidente e em grande escala. Na comparação do rio Pitangui percebe-se que também há um percentual de erro considerável em relação ao hidrograma de enchente elaborado pelo método de CUHP, porém quando se compara com o hidrograma da seção P3 que representa os valores de entrada a diferença na vazão é praticamente nula, o que nos confirma a hipótese de armazenamento, pois os valores coincidem e o armazenamento realmente deve ser considerado. Pode-se concluir que o armazenamento no rio Jotuba é maior do que no rio Pitangui devido a sua menor declividade entre as duas seções finais e que os vários meandros encontrados no rio ajudam a aumentar este armazenamento. É de grande importância o estudo das bacias hidrográficas, e a verificação de armazenamento devem ser analisados corretamente e detalhadamente, pois o armazenamento na calha do rio pode prejudicar tanto o próprio ciclo natural do rio, ou até mesmo as populações ao redor, com a presença dos efeitos naturais, como por exemplo, as enchentes e alagamentos, e a causa deste armazenamento e sua proporção são dados importantes para auxiliar nas decisões referentes a estes problemas. No caso do rio Jotuba e do rio Pitangui pode-se dizer que a ocorrência destes armazenamentos é devido a baixa declividade e seus meandros naturais, ou seja, são causas naturais, e suas proporções são elevadas, principalmente no rio Jotuba.

REFERÊNCIAS

BRIK, E.M.J. & SANDAKA, G. Manancial Alagados – Análise Evolutiva para vários Cenários de Ocupação. Revista de Engenharia e Tecnologia. Vol. 4, No 2, p.11-23, 2012.

CHOW, V.T.; MAIDMENT D.R. & MAYS, L. W. Applied Hydrology. United States of America: McGraw-Hill series in water resources and environmental engineering, 1988.

DENVER REGIONAL COUNCIL OR GOVERNMENTS. Urban storm drainage criteria manual. Denver. Wright-Mclaughlin Engineers, 2008, V. 1

PILATTI, F. (Coord.). Bacia hidrográfica do manancial Alagados Ponta Grossa: UEPG/COPEL/SANEPAR/ALL/IAP, 2002. 82 p. (Relatório Técnico)

SOARES, J. V. Apostila de Introdução a hidrologia de florestas ,2004.

TUCCI, CARLOS E.M., PORTO, RUBEM La LAIANE BARROS, MÁRIO T.DE. Drenagem Urbana ABRH / Editora UFRGS, Porto Alegre, 1995.

VISSMAN, W.J.& LEWIS, G. L. Introduction to Hydrology. United States of America: Prentice Hall, 2002.

Organizador

Adriano Mesquita Soares

Doutor e mestre em Engenharia de Produção pela Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR/PG, linha pesquisa em Gestão do Conhecimento e Inovação e Grupo de pesquisa em Gestão da Transferência de Tecnologia (GTT). Possui MBA em Gestão Financeira e Controladoria pelo Centro de Ensino Superior dos Campos Gerais onde se graduou em Administração de Empresas (2008). É professor no ensino superior, ministrando aulas no curso de Administração da Faculdade Sagrada Família – FASF. É editor chefe na AYA Editora.

Índice Remissivo

A

altitude 17, 21, 22, 23, 26, 27

B

BIM 42, 43, 44, 45, 46, 47

C

chuva 17, 50, 53

cidades inteligentes 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15

concessionárias 32, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

construção civil 43, 44, 46

custo 33, 34, 38, 39, 40, 41

D

declividade 17, 18, 19, 21, 22, 23, 26, 27, 50, 54, 56, 58

desenvolvimento 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 49

desenvolvimento sustentável 9, 10, 12, 13, 14, 15

E

enchente 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

energia 12, 13, 33, 34, 35, 36, 37, 38, 39, 40, 41

energias 32, 33, 34, 37, 38, 39, 40, 41

G

geoprocessamento 17, 18

gestão 9, 10, 12, 13, 14

H

hidrograma 49, 52, 53, 54, 55, 56, 57, 58

I

infraestrutura 11, 33, 34, 38, 39, 40

inovação 12, 13, 43

inovações 9, 10

inundações 17, 18, 31

M

melhoria 9, 10, 13, 33, 34, 36, 38, 39, 40

muskingum 49, 58

Muskingum 48, 49, 50, 51, 52, 54, 55, 58

P

pedologia 17, 21, 22, 26

pixels 19, 21, 22, 27

planejamento 11, 13, 14, 17, 18, 30, 49

R

recursos 9, 10, 11, 12, 13, 14, 49, 50

redução 32, 33, 34, 39, 40, 41, 53

renováveis 13, 32, 33, 34, 38, 39, 40, 41

S

serviços 9, 10, 12, 13

SIG 17, 18, 19

sustentabilidade 9, 12, 13, 14

sustentável 9, 10, 12, 13, 14, 15

T

tarifa 33, 38, 39, 40

tecnologia 8, 9, 10, 12, 13, 14, 43, 44, 46

tecnologias 9, 10, 13, 14

tempo 17, 50, 51, 52, 53, 55, 56, 57, 58

terra 17, 18, 21, 22, 25

