

Proposta de um sistema de informação de apoio na gestão integrada dos resíduos de construção civil

PROPOSAL FOR AN INFORMATION SYSTEM TO SUPPORT THE INTEGRATED MANAGEMENT OF CONSTRUCTION WASTE

PROPUESTA DE UN SISTEMA DE INFORMACIÓN DE APOYO A LA GESTIÓN INTEGRAL DE RESIDUOS DE LA CONSTRUCCIÓN CIVIL

Tomé Francisco Chicombo
Instituto Superior Politécnico de Gaza
tome.chicombo@ispg.ac.mz

Resumo

O aumento do padrão de vida, demandas de projetos de infraestruturas, mudanças de hábitos de consumo e o aumento populacional tem seu efeito no crescimento da indústria de construção civil. Em decorrência das atividades dessa indústria, registram-se vários tipos de danos ao meio ambiente, devido ao elevado consumo de recursos naturais e pela geração excessiva de resíduos. Neste contexto, surge a necessidade de a atividade de construção civil ser realizada de forma sustentável, ou seja, reduzindo os resíduos descartados por meio de reuso e reciclagem, o que reduz a exploração dos recursos naturais para estarem disponíveis às gerações futuras. Portanto, é necessário que diferentes atores do ramo da construção civil ajam de forma coordenada e consciente na gestão dos resíduos gerados para se reduzir seus impactos ambientais negativos. O presente estudo apresenta uma proposta de um modelo de sistema de informação para a gestão integrada dos resíduos sólidos de construção civil. A elaboração do modelo teve como base metodológica, realização de entrevistas, leitura bibliográfica e observação e a modelagem do sistema. Como resultado do estudo, obteve-se um modelo de sistema de informação para gestão de resíduos de construção civil que facilitará a tomada de decisões ambientalmente recomendadas, criando um ambiente de responsabilidades, atitudes e responsabilização em sua gestão. Palavras-Chave: Construção. Resíduos. Sistemas. Informação.

Abstract

The increase in the standard of living, demands for infrastructure projects, changes in consumption habits and population growth, have an effect on the growth of the civil construction industry. As a result of the activities of this industry, there are several types of damage to the environment, due to the high consumption of natural resources and the excessive generation of waste. In this context, there is a need for the civil construction activity to be carried out sustainably, that is, reducing the waste discarded through reuse and recycling, which reduces the exploitation of natural resources to be available to future generations. Therefore, it is necessary that different actors in the field of civil construction act in a coordinated and conscious way in the management of waste generated to reduce the negative environmental impacts resulting from the activities of this industry. This study presents a proposal for an information system model for the integrated management of civil construction solid waste. The elaboration of the model, had as methodological base, the accomplishment of interviews, bibliographical reading and observation and the modeling of the system. As a result of the study, an information system model for the management of civil construction waste was obtained, which will facilitate the taking

of environmentally recommended decisions, creating an environment of responsibilities, attitudes and accountability in the management of this waste.

Keywords: *Construction. Waste. Systems. Information.*

Resumen

El aumento del nivel de vida, la demanda de proyectos de infraestructura, los cambios en los hábitos de consumo y el crecimiento de la población, inciden en el crecimiento de la industria de la construcción civil. Como resultado de las actividades de esta industria, existen varios tipos de daños al medio ambiente, debido al alto consumo de recursos naturales y la generación excesiva de residuos. En este contexto, surge la necesidad de que la actividad de construcción civil se realice de forma sostenible, es decir, reduciendo los residuos desechados mediante la reutilización y el reciclaje, lo que reduce la explotación de los recursos naturales para que estén disponibles para las generaciones futuras. Por ello, es necesario que los diferentes actores del ámbito de la construcción civil actúen de forma coordinada y consciente en la gestión de los residuos generados para reducir los impactos ambientales negativos derivados de las actividades de esta industria. Este estudio presenta una propuesta de modelo de sistema de información para la gestión integrada de los residuos sólidos de la construcción civil. La elaboración del modelo, tuvo como base metodológica, la realización de entrevistas, lectura y observación bibliográfica y la modelación del sistema. Como resultado del estudio se obtuvo un modelo de sistema de información para la gestión de residuos de la construcción civil, que facilitará la toma de decisiones ambientalmente recomendables, creando un ambiente de responsabilidades, actitudes y rendición de cuentas en la gestión de estos residuos.

Palabras clave: *Construcción. Residuo. Sistemas. Información.*

Introdução

Um dos fatores impulsionadores do desenvolvimento de uma sociedade é a construção de infraestruturas, ou seja, os países necessitam de construir vários tipos de infraestruturas para impulsionarem o seu desenvolvimento social e econômico, sendo a indústria de construção civil a responsável. Segundo Nagapan *et al.* (2012), a indústria da construção civil desempenha um papel fundamental no desenvolvimento de qualquer país. É notável o seu crescimento como consequência do aumento do padrão de vida, demandas de projetos de infraestrutura, mudanças nos hábitos de consumo, bem como aumento natural da população.

Em contrapartida, o ramo da construção civil é caracterizado pelo grande consumo de recursos naturais e a geração abundante de resíduos. Daí, a necessidade de se prestar maior atenção a este ramo de atividade, atendendo que, o tratamento de resíduos de construção e demolição se tornaram uma preocupação econômica, social e ambiental cada vez mais urgente em todo o mundo (Elshaboury *et al.*, 2022). A execução de obras de construção civil deve considerar aspectos ambientais, numa altura em que, para Coelho Jr. *et al.* (2018), as empresas, em sua maioria, não se preocupam com os danos causados ao meio ambiente, visando apenas o lucro da obra ou empreendimento.

Há uma necessidade de se criar modelos de atuação onde diversos atores respeitem o meio ambiente, reduzindo os impactos ambientais. Esses modelos, devem consistir em regras, procedimentos, responsabilidades e atitudes, permitindo que os resíduos gerados sejam reaproveitados, reciclados e depositados em lugares adequados. De acordo com Baptista Júnior e Romanel (2013), grande parte desses

resíduos são originados pelo desperdício de materiais em construções novas, graças a projetos construtivos malfeitos, com especificações errôneas de materiais e detalhes, e à falta de planejamento da execução da obra, resultando em improvisos.

O incumprimento de regras de gerenciamento dos resíduos de construção civil tem como uma das consequências a formação de áreas degradadas, que são, no dizer de Brown e Lugo (1994), “aquelas que não possuem mais a capacidade de repor as perdas de matéria orgânica do solo, nutrientes, biomassa e estoque de propágulos”. Para Roth e Garcias (2009), essas áreas tornam-se de risco, aumentando a vulnerabilidade dos lençóis freáticos e rios ou córregos próximos, danos a edificações e ruas ou estradas vizinhas, perda da qualidade do ar, por meio de ruídos ou poluição, insalubridades, como resultado da deposição de resíduos e danos à população das proximidades. Laruccia (2014) acrescenta a esses problemas as enchentes, proliferação de agentes transmissores de doenças, obstrução de vias prejudicando a circulação de pessoas e veículos, degradação de áreas de manancial e de proteção permanente, assoreamento de rios e córregos, obstrução dos sistemas de drenagem e a degradação visual da paisagem urbana.

Com o intuito de prevenir esses problemas, uma adequada gestão ambiental dos resíduos de construção civil é necessária, dando-nos a possibilidade da sua reciclagem e reutilização, reduzindo os custos de construção e impactos ambientais negativos. Como constataram Lai *et al.* (2016), a maioria dos resíduos de construção podem ser utilizados como recursos renováveis, como resíduos de blocos de concreto, aço, madeira, vidro, etc., podendo ser reduzidos pelo canteiro de obras, ou transportados para unidades de reciclagem para se tornarem recursos.

A reutilização, segundo Kralj e Markic (2008), é benéfica para o meio ambiente, economia e à comunidade. Entre os benefícios ambientais, destaca-se a redução de resíduos, sendo que a reutilização requer menos recursos, menos energia e menos trabalho, em comparação com a reciclagem, eliminação ou produção de novos produtos a partir de matérias-primas virgens. Outros benefícios são a redução da poluição do ar, água e terra, limitação da necessidade de nova extração dos recursos naturais, como a madeira, petróleo, fibras e outros materiais.

De acordo com Tinoco e Robles (2006), a gestão ambiental passa a ser um fator estratégico para análise da alta administração das organizações. Inclui uma série de atividades a serem consideradas, tais como: a formulação de estratégias de administração para o meio ambiente, a garantia da conformidade com as leis ambientais, a implementação de programas de prevenção à poluição, o gerenciamento de instrumentos de correção de danos ao meio ambiente, a adequação dos produtos às especificações ecológicas e o monitoramento do programa ambiental da empresa ao encontro de excelência ambiental, como uma vantagem competitiva. Melo (2017) aponta como fatores mais críticos de gestão na construção civil os relacionados à produtividade e aos consequentes impactos ambientais, sociais e econômicos. Nesse contexto, segundo o autor, os gestores devem agir no sentido de administrarem, conscientizarem, orientarem, controlarem e advertirem os seus trabalhadores na prevenção, mitigação, controle e monitoramento dos impactos. Trata-se de uma abordagem multidisciplinar, segundo Ratnasabapathy, Pereira e Alashwal (2019), envolvendo diversos processos relacionados ao planejamento, coleta, logística, monitoramento, controle, reciclagem e descarte.

Por outro lado, na visão de Nunesmaia (2002), as práticas de gestão ambiental devem seguir as seguintes linhas de orientação: desenvolvimento de linhas de tratamento de resíduos (tecnologias limpas), priorizando a redução e a valorização; a economia (viabilidade); a comunicação/educação ambiental (o envolvimento dos

diferentes atores sociais); o social (a inclusão social e o emprego); o ambiental (os aspectos sanitários, os riscos e a saúde humana). A integração também concernente às categorias dos atores (ou agentes): produtores de resíduos, catadores, municípios e cooperação entre municípios, prestadores de serviços (terceirização), indústrias (indústrias de reciclagem). Silva e Brito (2006) apresentam como resultados positivos dessas práticas a inclusão social de camadas populacionais marginalizadas por meio da geração de empregos, aumento da consciência ambiental, ampliação e fortalecimento da corresponsabilidade da sociedade na fiscalização e controle dos agentes responsáveis pela degradação socioambiental e redução dos impactos ambientais derivados das atividades econômicas.

Entretanto, Nunesmaia (2002) chama atenção que um dos fatores mais importantes para a viabilização dessas práticas está relacionado ao acesso à informação. As pessoas envolvidas no gerenciamento de resíduos de construção civil devem ter acesso à informação, por meio de sistemas de informação. A falta de informação sobre a área de distribuição de resíduos num município, segundo Saptadi, Chyan e Pratama (2020), faz com que esses resíduos sejam descartados em diversos locais inadequados. Para os autores, os Sistemas de Informação Geográfica (SIG) e os sistemas de informação podem desempenhar um papel importante na gestão de informação vinculada ou referenciada no tempo, espaço ou lugar.

Através desse paradigma, segundo Zacharias e Martins (2018), permite-se a criação de mapas exploratórios. Passa a haver novas possibilidades de navegação e acesso aos dados, o que facilita a interação com o mapa, obtendo-se maior eficiência na comunicação da mensagem cartográfica, pois o usuário tem a possibilidade de estabelecer sua própria lógica de uso e análise da informação (Sendra; Ludovic, 2002). Assim, reduz-se o tempo de procura de informação, melhora-se o reconhecimento de padrões, apresenta-se a visão global da situação e melhora a interação entre o usuário e o sistema de informação.

O presente artigo apresenta uma proposta de um sistema de informação para a gestão da informação dos resíduos gerados na construção civil ao nível de uma cidade, município ou região metropolitana, com base na partilha das informações relevantes entre todos os envolvidos. O sistema proposto considera as informações dos resíduos gerados num canteiro de obra, sua reciclagem ou reutilização, o processo de coleta, destinação temporária até o destino. Nesse processo participam os gestores de obras de construção civil, gestores públicos, associações de catadores, gestores de empresas de coleta e gestores de unidades de recepção de resíduos e aterros.

Contextualização

A geração de resíduos é um processo que esteve sempre presente desde a existência da humanidade. Desde lá, as sociedades encontravam sempre formas de gerenciamento. Entretanto, na sociedade moderna, uma sociedade industrial e de risco, uma preocupação surge em relação à quantidade desses resíduos, devido ao crescimento da atividade industrial atrelada ao crescimento populacional. Nesse sentido, surgem vários sistemas e modelos, no sentido de otimizar a gestão dos resíduos.

No caso dos resíduos de construção civil, uma atenção especial deve ser dada, em virtude de serem gerados em maiores volumes e causarem maiores danos ao meio ambiente. Esse tipo de resíduos é definido pela Conama (2002), Kareem e Pandey (2013), como os provenientes de reformas e demolições de obras, podendo se mencionarem: tijolos, blocos cerâmicos, concreto em geral, solos, rochas, metais,

resinas, colas, tintas, madeiras e compensados, forros, argamassa, gesso, telhas, pavimento asfáltico, vidros, plásticos, tubulações, fiação elétrica, etc. Em outras palavras, conforme Gurav *et al.* (2022), resíduos de construção e demolição são definidos como resultantes de atividades de construção, renovação, explosão, produtos excedentes e danificados e materiais resultantes de trabalhos de construção e trabalhos no local.

Com o intuito de minimizar os impactos ambientais da atividade de construção civil, modelos de gestão de resíduos têm sido adotados. Entre eles, destacam-se os modelos de transporte, onde são determinadas as quantidades e tipos de resíduos gerados em uma determinada região, e determinação dos melhores locais para a deposição. Existem também aqueles que fazem uma análise global do sistema de gestão de resíduos de modo a se tomar as medidas necessárias.

Entretanto, seja qual for o modelo, Elsaid e Aghezzaf (2015), chamam atenção na necessidade de se fazer uma análise de custo-benefício, avaliação de ciclo de vida e análise de decisão multicritério, como metodologias para avaliar os diferentes cenários. Segundo o autor, a análise custo-benefício compara alternativas economicamente viáveis por meio de uma função objetivo unidimensional. A análise do ciclo de vida avalia os impactos ambientais associados a todas as fases, desde a matéria-prima até ao processamento de materiais, fabricação, distribuição, uso, manutenção e, finalmente, descarte ou reciclagem.

De modo geral, a gestão de resíduos é a provisão, transporte, processamento e descarte de materiais residuais, segundo Kareem e Pandey (2013). A gestão ambiental, definida por Tinoco e Robles (2006), como um sistema que consiste em estrutura, atividades, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos que levam a manter a política ambiental, pressupõe o envolvimento de vários segmentos da sociedade.

A despeito da implementação de modelos de gestão de resíduos, é importante destacar a necessidade de serem economicamente acessíveis, socialmente aceitáveis e ambientalmente eficazes, segundo Elsaid e Aghezzaf (2015). A acessibilidade refere-se ao custo de ter um ambiente limpo e aceito por todos os setores da população. Por outro lado, a aceitabilidade social significa que a população concorda com o serviço prestado uma vez que atende às suas necessidades.

O sistema de gestão de resíduos também precisa ser ambientalmente eficaz, adotando uma política e hierarquia de conservação ambiental. Do ponto de vista de Elsaid e Aghezzaf (2015), a implementação de um sistema na gestão de resíduos de construção civil é essencial para uma gestão ambiental inclusiva, e pode ser descrita como o gerenciamento de todas as responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para estabelecer um sistema que gerencie os resíduos e cumpra os regulamentos ambientais. Tais sistemas, segundo os autores, também podem envolver estratégias usadas para evitar, ou reduzir, a geração de resíduos em primeiro lugar. Um sistema de gestão ambiental é definido por Khanna *et al.* (2009) como uma ferramenta para o gerenciamento dos impactos ambientais das atividades da organização, e providencia uma aproximação estruturada para o planejamento envolvendo medidas protetivas.

No entanto, é preciso considerar que o sucesso de qualquer abordagem no sentido de gerenciamento de resíduos está condicionado ao acesso à informação. A existência de um sistema de informação é de extrema importância e necessária, pois ajuda para que as pessoas envolvidas tenham acesso à informação em tempo real e tomem as melhores decisões. De acordo com Rezende (2016), sistema de informação é todo aquele sistema que manipula e gera informação, sendo que este sistema

pode ou não usar tecnologia de informação. A informação é definida por Rezende (2016) como sendo todo aquele dado que dá sentido a quem o utiliza, sendo este dado útil e que tenha sido trabalhado e tratado contendo algum valor significativo. Tendo em conta a perspectiva tecnológica. Serrano *et al.* (2004) define a informação como o resultado do processamento de dados pelo computador.

Entretanto, o sistema deve garantir que a informação sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil seja acessada em tempo real, com segurança, disponibilidade, consistência, efetividade e confiabilidade. De acordo com Boell e Cecez-Kecmanovic (2015), os sistemas de informação envolvem variedade de tecnologias de informação como computadores, softwares, bancos de dados, sistemas de comunicação, internet, dispositivos móveis e outros de modo a executar certa operação, interagindo e informando vários atores em diferentes organizações ou contextos sociais. Acrescente-se que, com a ajuda das crescentes capacidades computacionais oferecidas pelos pacotes de software e maiores capacidades computacionais, é possível desenvolver modelos de gestão de resíduos mais sofisticados e mais próximos da realidade, onde a gestão de resíduos é direcionada para alternativas ambientalmente úteis, com base no princípio da gestão integrada de resíduos sólidos (Elsaid e Aghezzaf, 2015). A Gestão Integrada de Resíduos Sólidos, segundo Katiyar (2016), passa pela adoção de uma abordagem geral para a criação de sistemas sustentáveis que sejam economicamente acessíveis, socialmente aceitáveis e ambientalmente eficazes.

Uma das principais funcionalidades de um sistema de informação é a visualização de dados e informações. Para tal, foram desenvolvidas várias ferramentas. No caso em que a localização é fator mais importante, os Sistemas de Informação Geográfica (SIGs), desempenham um papel importante. Vários são os estudos abordando o uso de tecnologias de informação e SIG na gestão de resíduos de construção civil. Geralmente, o SIG é usado com a integração de sensoriamento remoto e/ou análise multicritério de tomada de decisão. Como exemplos pode-se mencionar: i) o mapeamento de descarga ilegal de resíduos; ii) planejamento de fluxos de resíduos em instalações urbanas de triagem e recolha; iii) distribuição espacial dos resíduos numa área geográfica específica; iv) localização de áreas adequadas à instalação de equipamentos urbanos que favoreçam a gestão integrada dos resíduos; e v) determinação de locais adequados a serem utilizados como estações de transferência de resíduos em relação à localização de aterros sanitários. Entretanto, no presente estudo, os dados espaciais permitem fornecer dois tipos de informações: dados que descrevem as posições locais (por exemplo: localização de uma obra, aterro sanitário, unidade de reciclagem, etc.), e dados que descrevem atributos (por exemplo: tipo de resíduos recebidos, telefone, tipo de viatura, etc.).

É nesse sentido que nos é permitido refletir sobre modelos de gerenciamento de resíduos de construção civil de modo integrado, visando arregimentar ações, serviços e políticas que permitam a redução dos problemas ambientais. A partir dessa perspectiva, o presente estudo apresenta uma proposta de sistema de informação sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil com o aporte das tecnologias e sistemas de informação.

Entretanto, não se pode esquecer que o sistema proposto não será eficaz sem que medidas complementares sejam tomadas. Três abordagens principais devem ser consideradas, segundo é colocado por Zurbrugg (2013). A primeira tem a ver com a criação de uma estrutura organizacional eficaz no gerenciamento de resíduos de maneira específica na construção civil. A segunda visa a criação de um modelo de

negócios viável e financeiramente sólido. E por último, a aprovação e o cumprimento da legislação sobre gerenciamento de resíduos de construção civil.

Em relação à legislação, no caso de Brasil, a SiAC (2017), prevê a indicação do volume total de resíduos descartados na geração de resíduos, definição dos destinos adequados dados aos resíduos produzidos pela obra (entulhos, esgotos, águas servidas) que respeitem o meio ambiente. A resolução CONAMA número 307, de 5 de julho de 2002, que orienta a criação de diretrizes, técnicas e procedimentos para o programa de gerenciamento de resíduos da construção civil, possibilitando o exercício das responsabilidades de todos os geradores, o cadastramento de áreas públicas ou privadas aptas para recebimento, triagem e armazenamento temporário de pequenos volumes e incentivando à reinserção dos resíduos reutilizáveis ou reciclados no ciclo produtivo. O Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H) é também um instrumento que busca organizar o setor da construção civil para um processo cada vez mais moderno de construção de habitações. O instrumento prevê a definição dos destinos adequados dos resíduos sólidos produzidos pela obra.

Metodologia

O presente estudo foi de caráter exploratório, envolvendo um trabalho de campo. A revisão bibliográfica, observação e a realização de entrevistas tiveram por objetivo identificar abordagens sobre o gerenciamento dos resíduos de construção civil.

Para a elaboração do modelo do sistema de informação, foram utilizados diagramas da metodologia Semantic Hypermedia Design Method (SHDM), uma metodologia para desenho de aplicativos baseados na Web. A elaboração da proposta do sistema teve como primeiro passo o levantamento dos requisitos, ou seja, realizar um levantamento sobre as ações que seriam realizadas no sistema. Permitiu descrever as tarefas que cada ator pode fazer em colaboração com sistema.

Para o levantamento dos requisitos do sistema, foram realizadas observações em canteiros de obras de construção civil, locais de deposição e coleta de resíduos e unidades de recepção. Foram também realizadas entrevistas semiestruturadas a indivíduos ligados ao processo de gerenciamento dos resíduos da construção civil, nomeadamente, gestores de empresa, gestores de obras, responsáveis do gerenciamento dos resíduos sólidos nas prefeituras ou cidades, coletores de resíduos e gestores ambientais. Procurou-se saber essencialmente onde eram depositados os resíduos gerados, como era realizada a fiscalização, quem eram os responsáveis, como era feito o transporte, onde e como era feita a deposição dos resíduos. Como resultado, foi elaborado o esquema conceitual que ilustra os intervenientes, seus atributos e tipos de relacionamento entre eles.

Como forma de ilustrar essas trocas, foram criados dois esquemas, nomeadamente, o esquema de classes navegacionais e o diagrama de contexto. Teve-se em consideração as visões permitidas aos usuários, os objetos a serem navegados e os relacionamentos existentes.

A construção do diagrama de classes navegacionais permitiu ilustrar como será feita a navegação pelos usuários. Desta forma, foi possível especificar as informações que serão visíveis para os usuários. Nesta fase, foi feita a especificação das informações que podem ser alcançadas pelo usuário, as relações entre elas e como devem ser acedidas.

Por último, foi apresentado um exemplo de protótipo, que permitiu mostrar a percepção dos usuários quanto à aparência das informações a serem navegadas.

Permitiu também ilustrar como as informações da interface estão conectadas e sincronizadas, tanto como as transformações que ocorrem durante o processo de navegação.

Resultados: Concepção de uma solução baseada em sistemas de informação

Como resultado das entrevistas e observação, foi elaborado um esquema (figura 1), que representa o funcionamento de um sistema de gestão ambiental de resíduos de construção civil, que poderá ser operacionalizado ao nível municipal ou metropolitano.

O esquema inclui as fases de coleta, transferência, tratamento, reciclagem, reutilização e disposição dos resíduos sólidos gerados no canteiro da obra. Segundo o esquema, cada obra deve possuir um plano de gestão ambiental, onde são classificados os resíduos a serem gerados. O plano de gerenciamento de resíduos sólidos na construção civil, segundo Araújo Jr. *et al.* (2019), faz parte de ações que visam minimizar seus impactos no meio ambiente, além de contribuir para a redução dos altos gastos pela administração pública com limpeza.

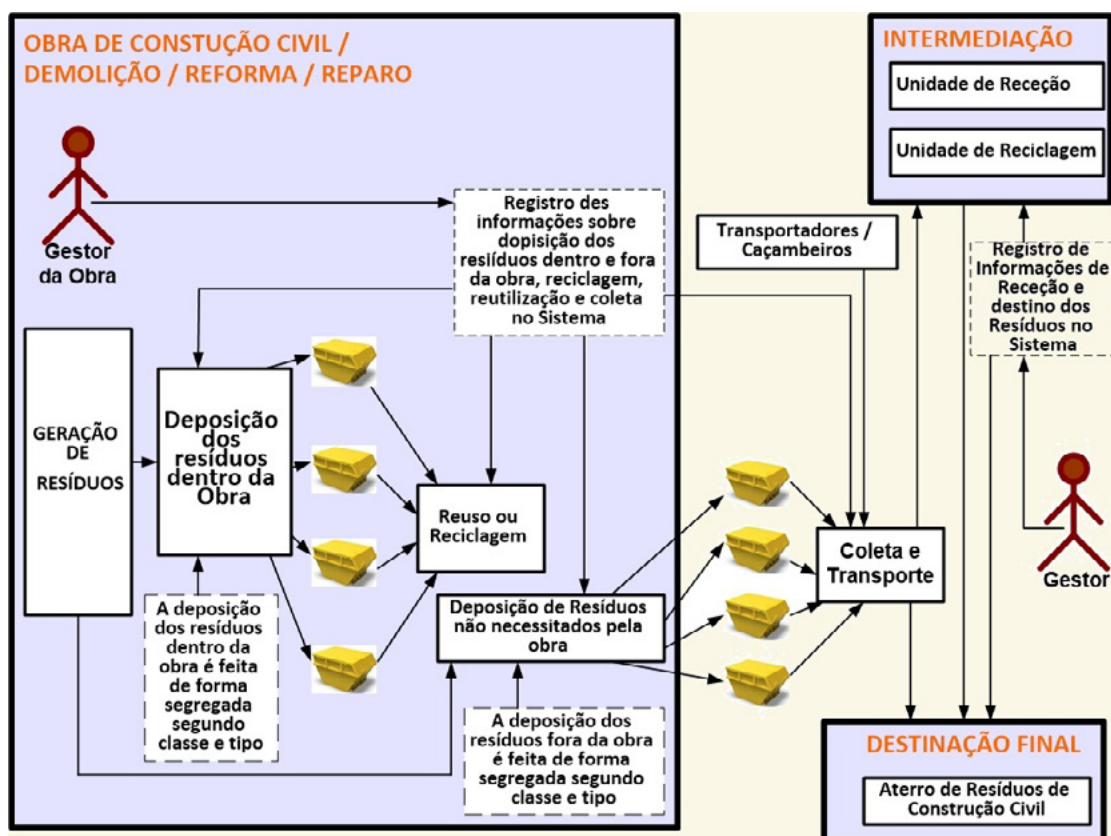


Figura 1 – Esquema do Sistema de gestão integrada proposto

Fonte: Autor (2022).

No esquema apresentado, a classificação dos resíduos deve ter em conta a classe e o tipo de resíduo em todas as fases de execução da obra. O responsável da obra deve considerar essa classificação na planificação do gerenciamento dos resíduos gerados. Por outro lado, deve ser elaborada uma declaração dos resíduos a serem gerados onde deve constar as quantidades consoante a tipificação. A declaração deverá ser submetida às entidades competentes e cadastrada no sistema, de modo a facilitar as ações de fiscalização por parte dessas entidades.

No processo de acondicionamento dos resíduos na obra, deve haver uma segregação segundo classe e tipo de resíduos. Após a separação, os resíduos devem ser armazenados temporariamente na obra em recipientes colocados em lugares estratégicos, de modo que, quando estiverem cheios, sejam facilmente transportados interna, ou externamente. Esses recipientes devem ser devidamente sinalizados, indicando qual o tipo de resíduos a ser depositado, como depositar e qual o destino. Desses locais, os resíduos sairão para reutilização, reciclagem ou para aterro sanitário conforme o caso. Segundo Almaliki (2020), antes de serem direcionados para os aterros, os resíduos de construção civil devem passar por processos de reutilização e reciclagem. Para o autor, o objetivo é de garantir que os recursos sejam eficientemente utilizados para produzir menos resíduos antes que se tornem problema.

As informações sobre o gerenciamento dos resíduos devem ser registradas no sistema, de modo que estejam disponíveis para aqueles que possam estar interessados pelos resíduos. A disponibilização dessas informações abre espaço para negociações de partilha desses resíduos. Por outro lado, as instituições fiscalizadoras deverão aceder estas informações de modo a facilitar o processo de controle.

Aqueles resíduos que não tiverem utilidade na obra devem ser colocados à disposição para a coleta. Porém, devem ser depositados de forma separada, de modo a facilitar a sua reutilização ou reciclagem fora da obra. A retirada e transporte de resíduos para fora da obra deve ser feita por empresas devidamente autorizadas, com um rigoroso controle. É importante que as informações sobre este processo sejam introduzidas no sistema. Por exemplo, pode registrar-se dados de onde foram gerados, tipo, quantidade e o destino. O objetivo deste registo é de se comprovar que os resíduos têm um destino adequado. Nesse caso, é preenchida e assinada uma ficha pelos gestores da obra e da empresa coletora, que servirá de prova de que os resíduos gerados na obra têm o destino adequado.

A disponibilização da informação num sistema de informação permite a troca de resíduos. Alguns dos resíduos podem ser comercializados pela empresa, após reciclados ou não. Outros serão enviados ao aterro sanitário caso não tenham sido encontradas suas utilidades para reuso ou reciclagem. Entretanto, chegados ao destino deve ser feita uma pesagem e registo das informações relevantes sobre esses resíduos.

Consoante o esquema apresentado, o gerenciamento de resíduos sólidos no canteiro de obras permitirá reduzir, reutilizar e reciclar os resíduos gerados. A partir dessa abordagem, na opinião de Fauziah e Agamuthu (2012), introduz-se uma cultura ou uma disciplina que aborda questões relacionadas à geração de resíduos sólidos, coleta, armazenamento, descarte e processamento de tais materiais não utilizados, tendo em mente a saúde pública, economia, estética e preocupações ambientais. Segundo Almaliki (2020), essa cultura inclui a utilização eficiente dos resíduos gerados, resultando na redução da quantidade de resíduos sólidos depositados nos aterros e maximizando os lucros com a geração mínima de resíduos no local.

Entende-se, assim, que os métodos de redução, reutilização e reciclagem de resíduos, são as opções preferidas quando se trata de gestão de resíduos. Existem muitos benefícios ambientais que podem ser obtidos a partir do uso desse modelo, como a redução de emissões de gases de efeito estufa e emissão de poluentes, conservação de recursos, economia de energia e redução da demanda por tecnologia de tratamento de resíduos e espaço do aterro. Por isso, é aconselhável que esse modelo seja adotado e incorporado como parte do plano de gestão de resíduos (Katiyar, 2016).

Nessa lógica, de acordo com Gurav *et al.* (2022), as empresas de construção se beneficiam com a redução da geração de resíduos, por meio de menores custos de deposição e de compra de matéria-prima. Nessa abordagem de gerenciamento de

resíduos, entre outras vantagens, destaca-se a possibilidade de geração de novos tipos de negócios e de empregos, incentivo ao empreendedorismo, com aparecimento de pequenas, médias e grandes unidades de recepção e reciclagem dos resíduos, criando emprego e renda para as famílias. Trata-se de uma abordagem onde as matérias-primas fazem parte de um ciclo, mantendo seu valor econômico.

Segundo Karrem e Pandey (2013), é importante observar que existem muitas oportunidades para a redução e recuperação de materiais que seriam preferencialmente destinados ao descarte como resíduo. É preciso que profissionais da indústria e proprietários de edifícios eduquem e sejam educados em métodos eficazes para identificação e separação de resíduos. Por outro lado, organizações e governos assumirão as responsabilidades pelo descarte ordenado, razoável e eficaz de resíduos relacionados à construção civil. A partir dessa perspectiva, as empresas buscam oportunidades de incorporação de materiais reciclados em mercadorias.

A eficiência do modelo proposto depende da forma como a informação é disponibilizada aos intervenientes no gerenciamento dos resíduos. Daí a importância de sistemas de informação para a coleta, armazenamento, manipulação e disponibilização das informações em tempo útil, onde a informatização desses sistemas com o aporte das tecnologias de informação e comunicação torna-os mais eficientes.

É nesse sentido que se propôs no presente estudo um sistema de informação. O sistema foi modelado usando a metodologia SHDM onde foram gerados vários artefatos que são apresentados a seguir.

O primeiro, obtido como resultado da aplicação da metodologia, foi o diagrama de casos de uso (figura 2), que mostra as tarefas de cada usuário no sistema proposto.

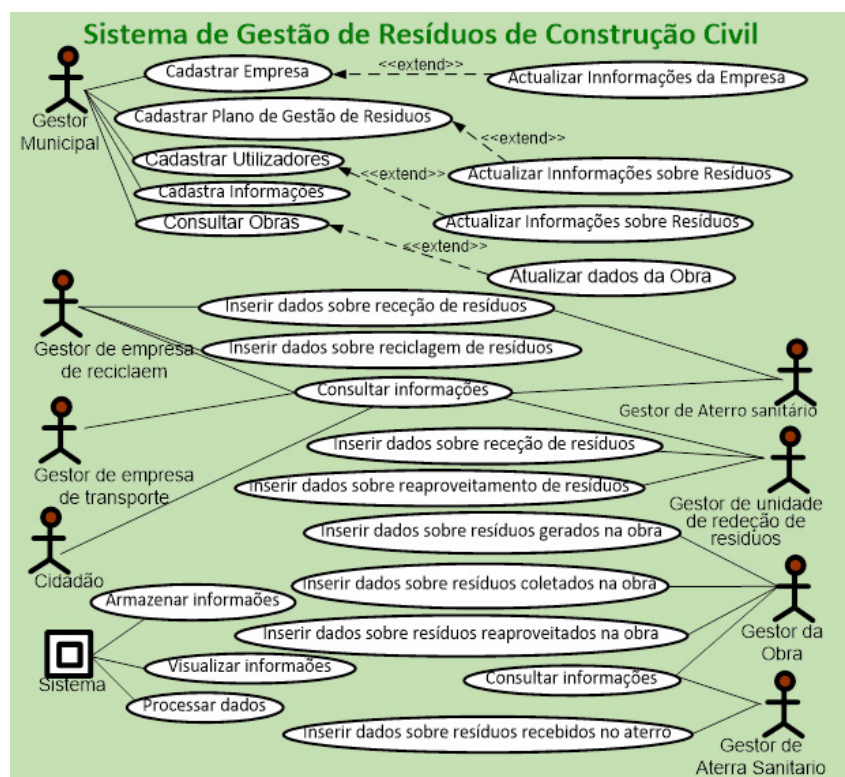


Figura 2 – Diagrama de casos de uso

Fonte: Autor (2022).

Cada ator (usuário do sistema), tem uma responsabilidade no sistema. Existe um grupo de usuários cuja função é de cadastrar as variadas informações consoante o seu perfil. O sistema fará a validação dos acessos dos diferentes perfis de usuários

através dos dados de entrada na autenticação. Para além do cadastro das informações no sistema, certos usuários poderão atualizar e remover certas informações. A consulta da informação será realizada em função do perfil do usuário, ou seja, existe um conjunto de informações que estará disponível para o público, e outras para acesso restrito.

Outro resultado da modelagem é o esquema conceitual (figura 3), que descreve a ligação entre várias informações do sistema, seus atributos e a natureza dessas relações. As classes e relacionamentos foram representadas com base na linguagem UML (*Unified Modeling Language*).

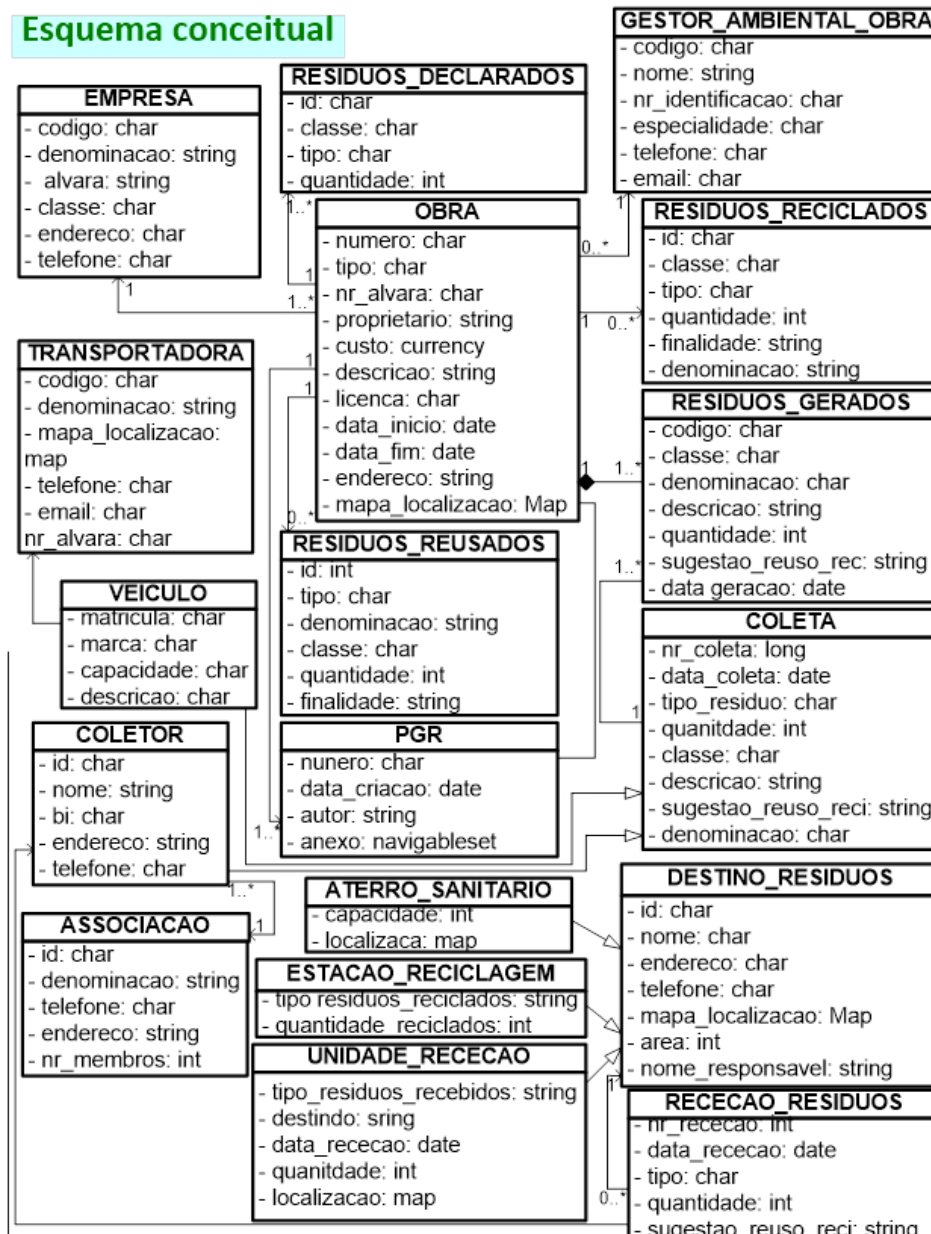


Figura 3 – Esquema conceitual

Fonte: Autor (2022).

O esquema conceitual apresentado descreve a ligação entre vários objetos do sistema e como estes estão relacionados. A empresa representa qualquer entidade cuja atividade é de construção civil ou demolição de edifícios. Os resíduos gerados na obra são transportados para um determinado destino. O destino pode ser uma

unidade, uma estação de reciclagem ou aterro sanitário. Outro destino pode ser a própria obra, nos casos em que os resíduos gerados são reaproveitados no próprio canteiro da obra.

No processo de coleta e transporte dos resíduos, devem ser registradas informações relevantes. Trata-se de registrar a origem dos resíduos, o tipo, a quantidade, data em que foram coletados e o transporte que efetuou a coleta. Estas informações são registradas pelo gestor da obra. Outra informação a registrar é do processo de recebimento dos resíduos, nomeadamente, a data em que se recebe o resíduo, o transportador, origem e quantidade.

Cada obra de construção civil ou demolição, deve possuir um plano de gerenciamento de resíduos. O plano deve conter informações sobre a forma de gerenciamento dos resíduos gerados durante a execução da obra, o que permitirá fazer o seu acompanhamento. São registradas as quantidades dos resíduos gerados, tipo de resíduos, as orientações sobre possibilidade de reuso e reciclagem, datas de geração, entre outras informações relevantes. O plano de gerenciamento de resíduos é cadastrado no sistema e as informações são atualizadas sempre que necessário.

Para mostrar as informações a serem acessadas, e como as navegações serão realizadas entre estas informações, conforme o perfil de cada usuário, foi criado um esquema (figura 4). O objetivo principal foi mostrar os objetos que podem ser alcançados pelo usuário e como estes podem ser alcançados, ou seja, são apresentadas informações que os usuários terão acesso.



Figura 4 – Esquema de classes navegacionais
Fonte: Autor (2022).

No processo de navegação, os usuários, nos seus perfis, poderão acessar informações sobre as obras de construção civil, resíduos gerados, processo de coleta, quem está fazendo a coleta e os diferentes destinos dos resíduos. Ao acessar as informações da obra de construção civil, o sistema poderá visualizar informações da empresa que está executando a obra, os planos de gerenciamento de resíduos, mapas de localização das obras, as datas de início e fim da obra e outras informações relacionadas com a obra.

O diagrama de contexto (figura 5) é mais um artefato resultante da modelagem do sistema, que permitiu descrever os conjuntos mais relevantes de objetos a serem navegados pelo usuário e o tipo de informações a serem visualizadas.

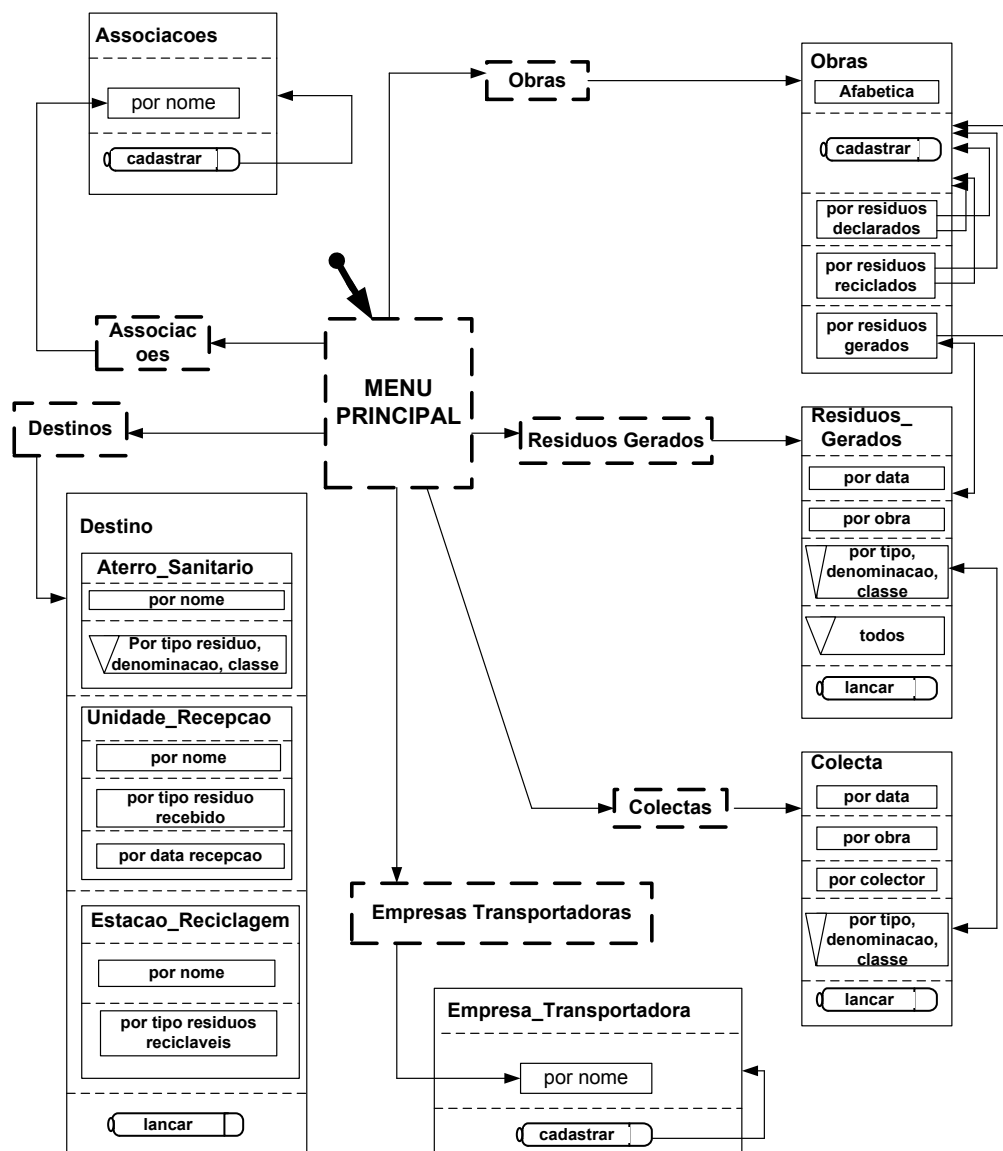


Figura 5 – Diagrama de Contexto
Fonte: Autor (2022).

A informatização do sistema proposto pode ser realizada usando várias plataformas (*softwares*). Geralmente, nessas soluções, o processo de navegação poderá ser realizado de um menu principal a partir do qual se tem acesso aos submenus. A partir desses submenus, o usuário poderá ter acesso a janelas contendo informações mais detalhadas. Um exemplo prático e viável de implementação do sistema é através da geovisualização, cujo protótipo é apresentado na figura 6.



Figura 6 – Abstract Data Views (ADV) - Protótipo
Fonte: Autor (2022).

Considerações finais

O processo de gerenciamento de resíduos de construção civil representa um grande desafio na atualidade, devido à abundância de resíduos gerados e os impactos negativos ao meio ambiente.

Torna-se pertinente pensar em soluções tecnológicas e de procedimentos que contribuam para a redução do desperdício de resíduos, reuso e reciclagem. Por outro lado, reduz-se a degradação ambiental, considerando que a deposição de resíduos será feita de forma adequada. Para o planeta, um dos benefícios é a redução de emissões de gases de efeito estufa e emissão de poluentes e conservação de recursos.

No caso do sistema proposto, abre-se também a possibilidade de geração de novos tipos de negócios e de empregos, incentivo ao empreendedorismo com aparecimento de pequenas, médias e grandes unidades de recepção e reciclagem dos resíduos através da incorporação de materiais reciclados em mercadorias, criando emprego e renda para as famílias.

O presente estudo objetivou apresentar uma proposta de sistema de informação para a gestão da informação sobre os resíduos gerados na construção civil. Foi possível, através da metodologia SHDM, apresentar os principais artefatos que compõem o modelo de sistema de informação proposto. O estudo limitou-se a apresentar um modelo de sistema de informação, ou seja, ainda não foi testado. Esse modelo poderá ser implementado em qualquer plataforma baseada na Web.

Contudo, a criação de um sistema em si não resolve o problema. É importante que o sistema seja acompanhado de uma legislação e estrutura organizacional eficazes.

Agradecimentos

Às Universidades de Oldenburg de Alemanha, Pedagógica de Moçambique, e a CAPES.

Referências

- ALMALIKI, A. H. Construction solid waste management on the building site: a literature review. *International Journal of Management*, v. 11, n. 7, p. 1099-1106, jun. 2020.
- ARAÚJO JR., *et al.* Solid Waste Management in a Civil Construction Company in Amazonas. *International Journal of Advanced Engineering Research and Science*, v. 6, n. 11, p. 317-322, nov. 2019.
- BAPTISTA JÚNIOR, J. V.; Romanel, C. Sustentabilidade na indústria da construção: uma logística para reciclagem dos resíduos de pequenas obras. *Revista Brasileira de Gestão Urbana*, Curitiba, v. 5, n. 2, p. 27-37, jul./dez. 2013.
- BOELL, S. K.; Cecez-kecmanovic, D. *What is Information System?* 2015. Disponível em: https://www.researchgate.net/publication/271588444_What_is_an_Information_System. Acesso em: 14 set. 2022.
- BROWN, S.; Lugo, A. E. Rehabilitation of tropical lands: a key to sustaining developing. *Restoration Ecology*, v. 2, n. 2, p. 97-111, jun. 1994.
- COELHO JR., A. R. *et al.* Importância do Gerenciamento de Resíduos Sólidos na Construção Civil. *Research, Society and Development*, v. 7, n. 10, p. 01-17, maio 2018.
- ELSAID, S.; Aghezzaf, E.L. A Framework for Sustainable Waste Management: Challenges and Opportunities. *Management Research Review*, v. 38, n. 10, p. 1086-1097, out. 2015.
- ELSHABOURY, N. *et al.* Construction and demolition waste management research: a science mapping analysis. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, v. 19, n. 8, p. 02-25, abr. 2022.
- FAUZIAH, S. H.; Agamuthu, P. Trends in sustainable landfilling in Malaysia, a developing country. *Waste Management & Research*, v. 30, n. 7, p. 656-663, mar. 2012.
- GURAV, K. H. *et al.* Evaluating Overall Importance of Waste Management in Construction Industry. *International Journal of Civil Engineering and Applications*, v. 12, n. 1, p. 1-12, nov. 2022.
- KAREEM, K. R.; Pandey, I. R. K. Study of Management and Control of Waste Construction Materials in Civil Construction Project. *International Journal of Engineering and Advanced Technology*, v. 2, n. 3, p. 249-8958, mar. 2013.
- KATIYAR, M. Solid waste management. *Journal of Construction and Building Materials Engineering*, v. 3, n. 2, p. 1-7, jan. 2016.
- KHANNA, D. R.; Bhutiani, R.; Matta, G. Environmental Management System. *J.Comp.Toxicol.Physiol*, v. 6, n. 1, p. 010-017, jan. 2009.

- KRALJ, D.; Markic, M. Building materials reuse and recycle. *WSEAS Transactions on Environment and Development*, v. 4, n. 5, p. 409-418, 2008. Disponível em: <http://www.wseas.us/e-library/transactions/environment/2008/575-484.pdf>. Acesso em: 4 set. 2022.
- LAI, Y. *et al.* Management and recycling of construction waste in taiwan. *International Conference on Solid Waste Management*, v. 35, p. 723-730, dez. 2016.
- LARUCCIA, M. M. Sustentabilidade e impactos ambientais da construção civil. *Revista ENIAC Pesquisa*, Guarulhos, v. 3, n.1, p. 69-84, jun. 2014.
- MELO, S. F. S. *Gestão de impactos ambientais na construção civil: práticas e desafios entre obras de infraestrutura e edificações*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE GESTÃO AMBIENTAL, 8., 2017, Campo Grande. Anais [...]. Bauru: Ibeas, 2017. p. 1-8. Disponível em: <https://www.ibeas.org.br/congresso/Trabalhos2017/XI-024.pdf>. Acesso em: 20 ago. 2022.
- NAGAPAN, S. *et al.* *Issues on Construction Waste: The Need for Sustainable Waste Management*. In: IEEE COLLOQUIUM ON HUMANITIES, SCIENCE AND ENGINEERING, 2012, Sabah, Malaysia. *Proceedings* [...]. Piscataway, NJ: IEEE, 2012. p. 329-334. Disponível em: <https://core.ac.uk/download/pdf/12008295.pdf>. Acesso em: 18 ago. 2022.
- NUNESMAIA, M. F. A Gestão dos Resíduos Urbanos e suas Limitações. *Revista Baiana de Tecnologia*, Camacari, v. 17, n. 1, p. 120-129, jan./abr. 2002.
- RATNASABAPATHY, S.; Perera, S.; Alashwal, A. A review of smart technology usage in construction and demolition waste management. In: SANDANAYAKE, Y.G.; GUNATILAKE, S.; WAIDYASEKARA, A. (ed.). *Proceedings of the 8th World Construction Symposium*. Colombo, Sri Lanka: Ceylon Institute of Builders, 2019. p. 45-55.
- REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. MINISTÉRIO DAS CIDADES. Portaria nº 13, de Janeiro de 2017. Sistema de Avaliação da Conformidade de Empresas de Serviços e Obras da Construção Civil - SiAC.
- REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Programa Brasileiro da Qualidade e Produtividade do Habitat (PBQP-H). 2018. Disponível em: <https://cbic.org.br/wp-content/uploads/2019/03/Programa-Brasileiro-de-Qualidade-e-Produtividade-do-Habitat.pdf>. Acesso em: 19 Jul. 2023.
- REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL. Resolução CONAMA nº 307 de 5 de julho de 2002. Portaria revogada pela Portaria MMA no 499. 2002. Disponível em: https://www.unifesp.br/reitoria/dga/images/legislacao/residuos2/CONAMA_RES_CONS_2002_307.pdf. Acesso em: 18 ago. 2022.
- REZENDE, Denis Alcides. Planejamento de sistemas de informação. 5. ed. São Paulo: Atlas, 2016. 332 p.
- ROTH, C. G.; Garcias, C. M. Construção Civil e a Degradação Ambiental. *Desenvolvimento em Questão*, Ijuí, v. 13, p. 111-128, jan./jun. 2009.

SAPTADI, T. S.; Chyan, P.; Pratama, A. C. Geographic information system for waste management for the development of smart city governance. *In: INTERNATIONAL CONFERENCE ON SCIENCE AND INNOVATED ENGINEERING*, 2., 2019, 2019, Malacca, Malaysia. *IOP Conference Series: Materials Science and Engineering*, v. 854, p. 012040, 2020. Disponível em: <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1757-899X/854/1/012040>. Acesso em: 18 ago. 2022.

SENDRA, J. B.; Ludovic, H. Z. Visualización geográfica y nuevas cartografías. *GeoFocus*, Bellaterra, v. 2, p. 61-77, 2002.

SERRANO, A.; CALDEIRA, M.; GUERREIRO, A. *Gestão de Sistemas de Tecnologias de Informação*. Lisboa: FCA, 2004. 216 p.

SILVA, P. J.; Brito, M. J. Práticas de gestão de resíduos da construção civil: uma análise da inclusão social de carroceiros e cidadãos desempregados. *Gestão e Produção*, São Carlos, v. 13, n.3, p. 545-556, set./dez. 2006.

TINOCO, E. P.; Robles, L. T. A contabilidade da gestão ambiental e sua dimensão para a transparência empresarial: estudo de caso de quatro empresas brasileiras com atuação global. *Revista Administração Pública*, Rio de Janeiro, v. 40, n. 6, p. 1077-1096, dez. 2006.

ZACHARIAS, A. A.; Martins, T. J. O paradigma da geovisualização e a cartografia multimídia interativa em mapas para escolares: novas possibilidades de compreensão da realidade espacial? *Estudos Geográficos*, Rio Claro, v. 16, n. 1, p. 180-212, jan./jun. 2018.

ZURBRUGG, C. *Assessment methods for waste management decision-support in developing countries*. 2013. 254f. Tese (Doutorado em Metodologias e Técnicas Adequadas na Cooperação e Desenvolvimento Internacional) - Departamento de Engenharia Civil, Arquitectura, Território, Ambiente e Matemática. Università degli Studi di Brescia, Itália. 2013.