

Universidade Federal do Triângulo Mineiro

Vinícius Vieira Ferreira

Projeto de um Software de Gestão Integrada de Resíduos

Uberaba

2019

Vinícius Vieira Ferreira

Projeto de um Software de Gestão Integrada de Resíduos

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica, da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito parcial para obtenção do título de mestre.

Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz

Uberaba

2019

**Catálogo na fonte: Biblioteca da Universidade Federal do
Triângulo Mineiro**

F444p Ferreira, Vinícius Vieira
 Projeto de um software de gestão integrada de resíduos / Vinícius Vieira
Ferreira. -- 2019.
 59 f. : il.

Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica) -- Uni-
versidade Federal do Triângulo Mineiro, Uberaba, MG, 2019
Orientador: Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz

1. Software - Desenvolvimento. 2. Gestão integrada de resíduos sólidos.
3. Sustentabilidade e meio ambiente. I. Luz, Mário Sérgio da. II. Universida-
de Federal do Triângulo Mineiro. III. Título.

CDU 004.413

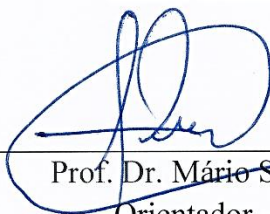
VINÍCIUS VIEIRA FERREIRA

PROJETO DE UM SOFTWARE DE GESTÃO INTEGRADA DE RESÍDUOS

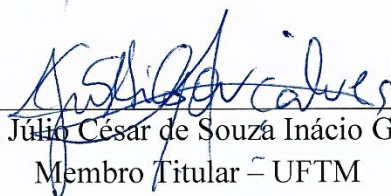
Trabalho de conclusão apresentado ao Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da Universidade Federal do Triângulo Mineiro, como requisito para obtenção do título de mestre.

Uberaba, 12 de fevereiro de 2019

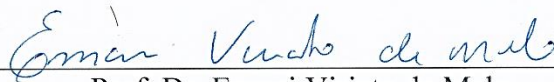
Banca Examinadora:



Prof. Dr. Mário Sérgio da Luz
Orientador – UFTM



Prof. Dr. Júlio César de Souza Inácio Gonçalves
Membro Titular – UFTM



Prof. Dr. Ernani Viriato de Melo
Membro titular – IFTM

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao meu orientador, Professor Mário Sérgio da Luz, pelo tempo dedicado às orientações e colaborações que levaram ao desenvolvimento deste trabalho e pela oportunidade de aprendizado pessoal e profissional.

Agradeço a todos colegas da Universidade Federal do Triângulo Mineiro que colaboraram com seu tempo e conhecimento para tornar este projeto uma realidade. Em especial, aos colegas da Pró-Reitoria de Planejamento e do Serviço de Planejamento Sustentável, aos membros que participaram e aos que ainda participam da criação e execução do Plano de Logística Sustentável da UFTM, que foi fundamental para balizar o desenvolvimento deste sistema.

Agradeço também aos professores e colaboradores do Programa de Mestrado Profissional em Inovação Tecnológica da UFTM pela dedicação e conhecimentos transmitidos, sem os quais esta oportunidade jamais seria possível.

Como servidor da UFTM, agradeço a esta instituição pela oportunidade de desenvolvimento pessoal e profissional e pela confiança depositada em mim para o desenvolvimento de uma ferramenta de tamanha relevância.

Agradeço também a todos que me incentivaram e colaboraram de alguma forma na realização deste trabalho e na caminhada que me trouxe até aqui.

RESUMO

A Responsabilidade Ambiental pode ser considerada como um dos pilares da Sustentabilidade, sendo ela uma preocupação fundamental às atuais instituições. Conforme a necessidade por avanço econômico destas instituições cresce, junto com sua respectiva geração de resíduos, se torna mais importante e desafiador alinhar a gestão institucional ao desenvolvimento sustentável, garantindo a responsabilidade ambiental. Neste contexto, instituições com intenso impacto ambiental precisam se preocupar não só com a gestão de seus negócios, mas também com a gestão de resíduos, de forma que ela seja responsável, sustentável e se enquadre dentro dos requisitos legais. Para auxiliar nesta tarefa, este trabalho propõe a elaboração de um projeto de software de gestão de resíduos cujas funcionalidades visam colaborar com a execução eficiente de modelos de gestão de resíduos, com foco na não geração, no reaproveitamento, na destinação correta e no cumprimento da legislação ambiental. Para atingir estes objetivos, foi feito um estudo de caso na Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM), instituição pública com mais de sete mil alunos, a UFTM gera diversos tipos de resíduos por conta de sua dimensão, laboratórios e cursos nas áreas da saúde, biologia e química, entre outros. O resultado deste estudo é em um projeto de software que pode ser desenvolvido para apoiar a UFTM e outras instituições similares na gestão de resíduos e no atendimento à legislação.

Palavras-chave: *Software*. Gestão de Resíduos. Gestão Sustentável.

ABSTRACT

The Environmental Responsibility, considered being one of the pillars of Sustainability, is a fundamental concern of today's organizations. As their need for economic progress grows, followed by their respective residue generation, it becomes more important and challenging to align business management to sustainable growth, guaranteeing the environmental responsibility. In this context, organizations with high environmental impact need to worry not only with their business management, but with their residue management as well, in such way that it acts with responsibility, sustainability, and that fits the legal requirements. To help with this task, this study proposes to design the project of a residue management application that looks forward to help with the efficient execution of configurable residue management models, focusing on generation avoidance, reuse, correct destination and legal requirements fulfillment. To meet these objectives, a case study was carried out at Federal University of Triângulo Mineiro (UFTM), public institution with more than seven thousand students, UFTM generates a wide range of residues due to its size, laboratories and courses in the areas of health, biology and chemistry, among others. The result of this study is a software project that can be developed to aid UFTM and other similar institutions with residue management and legislation compliance.

Keywords: Software. Residue Management. Sustainable Management.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos sólidos	22
Figura 2 – Quadro comparativo de softwares.....	29
Figura 3 - Diagrama de classe dos Itens monitorados	36
Figura 4 - Diagrama de classe dos resíduos e suas associações	37
Figura 5 – Diagramas de classe dos acondicionamentos e coletores	38
Figura 6 – Diagrama de classe das Localizações e sua associação com os responsáveis	39
Figura 7 – Diagrama de classe da Destinação de resíduos	40
Figura 8 – Diagrama de classe da Transição compulsória	40
Figura 9 – Diagrama de classe dos Lançamentos e sua composição com Resíduos	41
Figura 10 – Diagrama de classe da Solicitação de coleta.....	42
Figura 11 – Diagrama de classe dos Resíduos de interesse.....	42
Figura 12 – Diagramas de classe dos Modelos de documentos	44
Figura 13 – Diagrama de classe dos Documentos	44
Figura 14 – Diagrama de classe dos Gatilhos de geração de documentos	44
Figura 15 – Diagrama da classe Informações.....	46
Figura 16 – Diagrama de classe das Unidades de Medida e Equivalências	46
Figura 17 – Diagrama da classe Destinação Específica	47
Figura 18 – Diagrama de classe das coletas e seus recursos associados	48
Figura 19 – Diagrama de classe das Coletas Recorrentes (agenda de coletas)	48
Figura 20 – Arquitetura Lógica do Sistema.....	55
Figura 21 – Diagrama de Gerenciamento de Resíduos	57

LISTA DE SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANVISA – Agência Nacional de Vigilância Sanitária
CONAMA – Conselho Nacional Do Meio Ambiente
CSS – *Cascading Style Sheets* (Folhas de Estilo em Cascata)
HTML - *HyperText Markup Language* (Linguagem de Marcação de Hipertexto)
HTTP – *Hypertext Transfer Protocol* (Protocolo de Transferência de Hipertexto)
IBAM – Instituto Brasileiro de Administração Municipal
PGRSS – Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde
PHP – *PHP: Hypertext Preprocessor* (Pré-processador de Hipertexto PHP)
PLS – Plano de Gestão de Logística Sustentável
PNUMA – Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente
REST – *Representational State Transfer* (Transferência de Estado Representacional)
RSS – Resíduos dos Serviços de Saúde
SEDU – Secretaria do Desenvolvimento Urbano
SGBD – Sistema de Gerenciamento de Banco de Dados
SINAES – Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior
SPA – *Single-Page Application*
UFTM – Universidade Federal do Triângulo Mineiro
W3C – *World Wide Web Consortium*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	OBJETIVOS	14
	2.1 OBJETIVO GERAL.....	14
	2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS	14
3	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	15
	3.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS	15
	3.2 CONSCIÊNCIA AMBIENTAL, SOCIEDADE DE RISCO E SUSTENTABILIDADE	17
	3.3 REFERENCIAIS TÉCNICOS E NORMATIVOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL	19
	3.3.1 Lei nº 12.305, de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos	20
	3.3.2 ABNT NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos	21
	3.3.3 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – IBAM/SEDU	23
	3.3.4 Demais referenciais normativos relevantes ao tema.....	23
	3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS.....	26
	3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS NAS UNIVERSIDADES.....	26
	3.6 SOFTWARES APLICADOS À GESTÃO DE RESÍDUOS	28
4	METODOLOGIA.....	30
	4.1 SOBRE A UFTM	30
	4.2 POLÍTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS NA UFTM	31
	4.2.1 PGR UFTM e seus subprogramas.....	31
	4.3 PESQUISA DOCUMENTAL DA LEGISLAÇÃO RELACIONADA	33
	4.4 ENTREVISTAS COM AS PARTES INTERESSADAS.....	34
5	RESULTADO	35
	5.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA	35
	5.2 REQUISITOS FUNCIONAIS.....	36
	5.2.1 Cadastro de itens de monitorados	36
	5.2.2 Cadastro de resíduos, seus respectivos grupos e características	37
	5.2.3 Cadastro das origens de resíduos	38
	5.2.4 Cadastro de tipos de acondicionamento e coletores	38
	5.2.5 Cadastro de localizações de resíduos, seus respectivos tipos e características.....	38
	5.2.6 Cadastro de responsáveis por localização.....	39
	5.2.7 Cadastro de responsáveis por grupo de resíduos.....	39
	5.2.8 Cadastro de tipos de destinações de resíduos	39

5.2.9	Cadastro de transições compulsórias	40
5.2.10	Cadastro de possíveis reaproveitamentos	40
5.2.11	Lançamento de itens monitorados e resíduos.....	41
5.2.12	Solicitação de coleta	41
5.2.13	Cadastro de Resíduos de Interesse	42
5.2.14	Modelos e geração automática de documentos	43
5.2.15	Lembretes e notificações.....	45
5.2.16	Cadastro de requisitos legais, recomendações técnicas e orientações gerais	45
5.2.17	Cadastro de unidades de medida e equivalências	46
5.2.18	Gestão de contratos e parcerias para destinações específicas e logística reversa.....	47
5.2.19	Gestão de transportadores e agenda de coletas.....	47
5.2.20	Interface de comunicação com outros sistemas.....	48
5.2.21	Tarefas de usuário.....	49
5.2.22	Emissão de relatórios, resumos analíticos e gráficos	49
5.2.23	Gestão de usuários e permissões	50
5.3	REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS	51
5.4	FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO.....	51
5.4.1	HTML5	51
5.4.2	JavaScript	52
5.4.3	CSS	52
5.4.4	PHP.....	53
5.4.5	PostgreSQL.....	53
5.5	MODELAGEM E ARQUITETURA LÓGICA DO SISTEMA	54
5.6	FLUXO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO SISTEMA	56
6	CONSIDERAÇÕES FINAIS	58
7	REFERÊNCIAS.....	59

1 INTRODUÇÃO

As Instituições de Ensino Superior (IES) desempenham um importante papel no que se refere à gestão de resíduos sólidos (RS), visto que atuam na pesquisa e difusão do conhecimento necessário para seu correto gerenciamento e destinação. Sendo que, tal conhecimento é imprescindível para a conscientização da sociedade quanto à responsabilidade compartilhada na gestão de resíduos sólidos (ALI et al., 2012).

Apesar do posto das IES na proteção ao meio ambiente, várias dependem de diversas instalações para o cumprimento de suas finalidades, como salas de aula, laboratórios, ambulatórios, hospitais veterinários e humanos; evidenciando uma variada e complexa gama de resíduos gerados nestas instituições (PAULA, 2015).

Porém, um levantamento feito por Borges et al. (2013), para avaliar o desempenho dos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia na gestão ambiental, demonstrou que a gestão ambiental não é uma realidade nas IES brasileiras, sendo a dificuldade para seguir os desígnios legislativos e a ausência do conhecimento da legislação apontados como principais fatores para esta conclusão.

Em um escopo mais amplo, a gestão de resíduos se mostra como uma das ações relacionadas à sustentabilidade. Nesse aspecto, a associação dos princípios de sustentabilidade à logística, esta que por si já vem se mostrando como um conjunto cada vez mais complexo do sistema econômico, amplia seu conceito e aponta novas preocupações, entre elas a segurança e a ética ambiental, que devem estar alinhadas com o desenvolvimento econômico. Para efetivar este alinhamento e promover a execução de práticas sustentáveis, novos instrumentos e ferramentas de gestão norteados aos princípios da sustentabilidade, transparência e lisura devem ser concebidos, constituindo uma política permanente (UFTM, 2017).

Uma das possíveis ferramentas a serem utilizadas são os softwares. Pressman (2009) define software como um “conjunto de instruções de computador que, quando executadas, proveem funcionalidades, funções e performances desejadas”. Atualmente, é esperado que softwares ofereçam mais que simples funções programadas, tendo foco no negócio ou atividade organizacional e sendo providos de funções inteligentes que auxiliem gestores no processo de tomada de decisões, sejam elas estratégicas, táticas ou operacionais (REZENDE, 2005).

Desta forma, com a crescente complexidade na gestão de resíduos, devido a fatores como origem, tipo, classificação de perigo e destinação final ambientalmente adequada, fica evidente que a gestão de resíduos se mostra como um cenário que pode ser beneficiado por um

software que seja capaz de auxiliar gestores na execução de seus modelos de gestão e no cumprimento da legislação.

O presente estudo visa descrever o projeto de um *software* de gestão de resíduos que possa ser desenvolvido e implantado na Universidade Federal do Triângulo Mineiro (UFTM) a fim de auxiliar no controle da geração, destinação, gerenciamento e reaproveitamento de diferentes tipos de resíduos. O projeto tem como base a atual realidade da UFTM, porém, pode atender outras instituições que compartilhem requisitos e objetivos semelhantes.

2 OBJETIVOS

2.1 OBJETIVO GERAL

O presente estudo tem como objetivo o desenvolvimento do projeto de um software online que possa ser desenvolvido e implantado na UFTM para auxiliar na gestão integrada de resíduos. Além do estudo de caso da UFTM, o projeto também deve ter como base as diretrizes estabelecidas na Lei nº 12.305, de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), na NBR 10004/2004, norma que estabeleceu a classificação dos resíduos sólidos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, a fim de que estes resíduos possam ser gerenciados corretamente (ABNT, 2004) e nas diretrizes definidas no Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da UFTM e seus respectivos processos relacionados, como aquisição, segregação, acondicionamento, traslado, destinação final ambientalmente adequada e reaproveitamento, a fim de auxiliar os gestores nas tomadas de decisões que possam levar a não geração, redução, reutilização e reciclagem destes resíduos, bem como no cumprimento da legislação. O PLS utilizado foi aprovado pela Resolução nº 1, de janeiro de 2017, da Reitora da UFTM.

2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar os envolvidos no processo de gestão de resíduos na UFTM;
- Conhecer as características da gestão, geração e destinação de resíduos na UFTM, de forma a identificar os parâmetros e variáveis que estarão envolvidos neste processo;
- Conhecer as principais diretrizes técnicas e legais quanto a gestão de resíduos, que se aplicam à UFTM;
- Definir as funcionalidades e módulos do software necessários ao suporte na gestão institucional de resíduos, alinhado ao atendimento da legislação;

3 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1 DEFINIÇÕES E CONCEITOS BÁSICOS

Mesquita júnior (2007) define que o conceito de gestão integrada de resíduos sólidos se baseia na integração dos diversos atores e condicionantes envolvidos no processo, contemplando aspectos administrativos, financeiros, ambientais, sociais e técnico-operacionais. Assim, extrapola o gerenciamento técnico-operacional e leva em consideração o aspecto social como parte do processo, tendo como pilar a participação do setor público, privado e do terceiro setor. Ainda segundo este autor, este conceito vai além de um projeto, englobando todo processo que está envolvido ao redor deste, tendo os resíduos e suas implicações como pano de fundo de fundo e motivação (MESQUITA JÚNIOR, 2007).

Já a PNRS define gestão integrada de resíduos sólidos como um “conjunto de ações voltadas para a busca de soluções para os resíduos sólidos, de forma a considerar as dimensões política, econômica, ambiental, cultural e social, com controle social e sob a premissa do desenvolvimento sustentável” (BRASIL, 2010).

Portanto, é possível observar que a gestão integrada de resíduos tem um aspecto holístico, apesar disso, sua efetiva execução é pragmática. O gerenciamento de resíduos é uma importante parte desse processo e objeto de grande relevância no presente estudo. A PNRS define gerenciamento de resíduos sólidos da seguinte forma:

Conjunto de ações exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos e disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, de acordo com plano municipal de gestão integrada de resíduos sólidos ou com plano de gerenciamento de resíduos sólidos, exigidos na forma desta Lei (BRASIL, 2010).

No centro de todo este processo estão os resíduos sólidos, motivo da própria existência desse. A ABNT, na NBR 10004, de 2004, dá a seguinte definição a “resíduos sólidos”:

Resíduos nos estados sólido e semi-sólido, que resultam de atividades de origem industrial, doméstica, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e de varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Essa definição se complementa também com a seguinte, dada pela PNRS:

O material, substância, objeto ou bem descartado resultante de atividades humanas em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólido ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos d'água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviáveis em face da melhor tecnologia disponível (BRASIL, 2010).

Cabe observar que resíduo sólido, ou apenas resíduo, não se confunde com rejeito. Este último termo é utilizado especificamente para se referir àqueles resíduos que, “depois de esgotadas todas as possibilidades de tratamento e recuperação por processos tecnológicos disponíveis e economicamente viáveis, não apresentem outra possibilidade que não a disposição final ambientalmente adequada”. A PNRS define disposição final ambientalmente adequada como a “distribuição ordenada de rejeitos em aterros, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos” (BRASIL, 2010).

Por sua vez, este conceito se diferencia de outro igualmente importante, a destinação final ambientalmente adequada, a PNRS dá a seguinte definição a esta última, que é mais abrangente e engloba também a disposição final:

Destinação de resíduos que inclui a reutilização, a reciclagem, a compostagem, a recuperação e o aproveitamento energético ou outras destinações admitidas pelos órgãos competentes do Sisnama, do SNVS e do Suasa, entre elas a disposição final, observando normas operacionais específicas de modo a evitar danos ou riscos à saúde pública e à segurança e a minimizar os impactos ambientais adversos (BRASIL, 2010).

3.2 CONSCIÊNCIA AMBIENTAL, SOCIEDADE DE RISCO E SUSTENTABILIDADE

Historicamente, as recentes revoluções industriais e tecnológicas causaram severas mudanças nos perfis de consumo da população em direção ao consumismo, causando um drástico aumento no impacto ambiental e fazendo surgir a preocupação com a continuidade da espécie e a coabitação saudável com a natureza, dada sua dependência aos recursos naturais (MELO, 2012).

O aumento na geração de resíduos que acompanhou o aumento do consumo eventualmente gerou preocupação dos órgãos governantes, dando origem a movimentos e instrumentos legais para balizar o gerenciamento e a destinação de resíduos a fim de diminuir o impacto ambiental (JACOBI; BESEN, 2011).

As controvérsias que os aspectos negativos do progresso geraram, que antes eram ignoradas ou não observadas, foram caracterizadas por Beck (2010) na Teoria da Sociedade de Risco. O autor destaca o momento de ruptura que ocorre quando a sociedade entra em confronto com seu potencial de autodestruição, criado de forma artificial. Beck ainda atribui a crise ecológica global, composta por efeitos secundários não-pensados da produção industrial, a questões políticas que culminaram numa profunda crise das instituições e da sociedade industrial (BECK, 2010).

Conforme apontado por Jacobi (2003), existe um confronto entre o paradigma de uma sociedade de risco e o tema da sustentabilidade, o que gera a necessidade de ampliar as práticas sociais que levem à concretização do direito ao acesso à informação e à educação ambiental. Jacobi aponta a promoção da consciência ambiental e da participação popular como um importante instrumento para combater a degradação ambiental.

Kraemer (2005) apontou um novo modelo estratégico que tende a ser fortificado no mundo corporativo, em que a enorme pressão pela qualidade nas relações se mostra como um fator determinante para o sucesso de uma instituição. Desta forma, a preservação do meio ambiente e da qualidade de vida da comunidade e dos funcionários deixa de ser somente uma obrigação ética e passa a ser um interesse fundamental às empresas, determinando, inclusive, seu sucesso ou seu fim.

Em 1972, em Estocolmo, na Suécia, foi realizada a Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano, que atentou à “necessidade de um critério e de princípios comuns que ofereçam aos povos do mundo inspiração e guia para preservar e melhorar o meio ambiente humano”. Pode se argumentar que o resultado dessa conferência deu início à definição de desenvolvimento sustentável e sua importância, destacando a importância da manutenção de

recursos não renováveis, da responsabilidade do homem e dos Estados em tomar medidas para preservar o meio ambiente e da necessidade de alinhar o desenvolvimento econômico e social à melhoria da qualidade de vida. Também foi destacada a importância da educação em questões ambientais para guiar a conduta dos indivíduos, empresas e da coletividade (NAÇÕES UNIDAS, 1972).

Em dezembro deste mesmo ano, 1972, foi criado o Programa das Nações Unidas para o Meio Ambiente (PNUMA), a fim de coordenar a agenda ambiental global e promover a implementação do desenvolvimento sustentável (UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME, 2018).

Reforçando o conceito de desenvolvimento sustentável e da sinergia necessária na economia, tecnologia, sociedade e política, foi divulgado em 1987 o Relatório de Brundtland, que ficou popularmente conhecido como “Nosso futuro comum”. O documento também reforçou a necessidade de um pacto entre as gerações atuais e futuras para preservação do meio ambiente (JACOBI, 2003).

O desenvolvimento sustentável e a preocupação com o correto gerenciamento e destino de resíduos passaram por um divisor de águas em 1992, quando a Conferência sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, da Organização das Nações Unidas, que ficou conhecida como ECO-92, gerou como principal produto a Agenda 21, documento de planejamento para desenvolvimento sustentável que dedicou os capítulos 19 ao 22 à gestão de resíduos. O documento levou em consideração diversos fatores complexos do desenvolvimento sustentável, como questões de mudanças de padrão de consumo e a ciência e a promoção do ensino, conscientização e treinamento como mecanismo de implementar práticas de desenvolvimento sustentável (BRASIL, 1995).

Outro importante resultado da ECO-92 foi o Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global, segundo Jacobi (2003):

O Tratado de Educação Ambiental para Sociedades Sustentáveis e Responsabilidade Global coloca princípios e um plano de ação para educadores ambientais, estabelecendo uma relação entre as políticas públicas de educação ambiental e a sustentabilidade. Enfatizam-se os processos participativos na promoção do meio ambiente, voltados para a sua recuperação, conservação e melhoria, bem como para a melhoria da qualidade de vida.

Assim, mais uma vez se torna evidente a importância do papel da educação na eficácia das práticas sustentáveis.

Tal papel é reconhecido pelo aparato legislativo brasileiro através da Lei nº 9.795 de 1999, que institui a Política Nacional de Educação Ambiental e eleva, em seu artigo 2º, a

educação ambiental a um componente essencial e permanente da educação nacional, em todos níveis e modalidades do processo educativo formal e não formal (BRASIL, 1999).

Neste sentido, a Lei nº 12.305 de 2010, em seu artigo 8º, inciso VII, também reconhece a pesquisa científica e tecnológica como instrumentos da Política Nacional de Resíduos Sólidos, reforçando ainda mais o papel das instituições de ensino nas políticas ambientais (BRASIL, 2010).

A Constituição Federal brasileira de 1988 dedica o capítulo VI ao meio ambiente e, em seu artigo 225, declara que:

Todos têm direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado, bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida, impondo-se ao Poder Público e à coletividade o dever de defendê-lo e preservá-lo para as presentes e futuras gerações.

No inciso VI do primeiro parágrafo deste artigo, o Constituinte coloca como obrigação do poder público a promoção da educação ambiental a fim da preservação do meio ambiente (BRASIL, 1988).

Em conformidade com os demais instrumentos legislativos, a preocupação com a consciência ambiental e a relevância do papel das Instituições de Ensino Superior são notadas também na Lei nº 10.861 de 2004, que elenca a responsabilidade social da instituição como um dos critérios de avaliação do Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior (SINAES) (BRASIL, 2004).

3.3 REFERENCIAIS TÉCNICOS E NORMATIVOS DA GESTÃO DE RESÍDUOS NO BRASIL

Os instrumentos técnicos e normativos brasileiros são repletos de itens que abordam o tema da sustentabilidade e do correto gerenciamento de resíduos. A começar por nossa carta magna, a Constituição Federal de 1988, que em seu artigo 225, garante a todos o “direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado”, definindo este como um “bem de uso comum do povo e essencial à sadia qualidade de vida”, este instrumento também atribui a responsabilidade da defesa e preservação do meio ambiente ao Poder Público e à coletividade, visando a preservação deste para as presentes e futuras gerações (BRASIL, 1988).

3.3.1 Lei nº 12.305, de 2010 - Política Nacional de Resíduos Sólidos

Lei que instituiu a PNRS, um dos principais instrumentos legais sobre a gestão de resíduos sólidos, definindo responsabilidades, diretrizes e planos objetivando a gestão ambiental adequada tanto no setor público como no setor privado. Esta Lei elencou abrangentes princípios e objetivos em seus artigos 6º e 7º, respectivamente. Entre seus princípios, cabe destacar os seguintes:

- Visão sistêmica do conjunto de variáveis ambientais, sociais, culturais, econômicas, tecnológicas e de saúde pública na gestão dos resíduos sólidos;
- Responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos; e
- Reconhecimento do resíduo sólido reutilizável e reciclável como bens econômicos e de valor social, capazes de gerar trabalho e renda.

Entre seus objetivos, podemos destacar os seguintes:

- Não geração, redução, reutilização, reciclagem e tratamento dos resíduos sólidos;
- Incentivo à indústria da reciclagem, a fim de fomentar o uso de matérias primas e insumos derivados de materiais recicláveis e reciclados;
- Prioridade, nas aquisições e contratações governamentais, para produtos reciclados e recicláveis e bens, serviços e obras que considerem critérios compatíveis com padrões de consumo social e ambientalmente sustentáveis; e
- Integração dos catadores de materiais reutilizáveis e recicláveis nas ações que envolvam a responsabilidade compartilhada pelo ciclo de vida dos produtos;

A PNRS também definiu, em seu artigo 8º, uma lista não exaustiva de dezessete instrumentos que são parte de sua execução (BRASIL, 2010). Tais instrumentos são essenciais, visto que a falta de cobertura legal e a fraca aplicação das leis se mostram como grandes obstáculos a um gerenciamento de resíduos adequado (AL-KHATIB et al., 2010).

Paula (2015) define a Lei nº 12.305 como um “marco nacional na gestão adequada de resíduos sólidos, pois instituiu uma série de responsabilidades de entidades públicas e privadas e da sociedade em relação aos resíduos sólidos gerados”, destacando sua obrigatoriedade e seu foco na não geração, redução, reutilização e reciclagem.

3.3.2 ABNT NBR 10004 – Classificação de Resíduos Sólidos

A NBR 10004 estabeleceu a classificação dos resíduos quanto aos seus riscos potenciais ao meio ambiente e à saúde pública, a fim de que estes resíduos possam ser gerenciados corretamente. Definiu que a classificação dos resíduos seja feita pela identificação de sua origem, constituição e características e comparação destes com listagens de resíduos e substâncias de impacto conhecido ao meio ambiente. Definiu também o método que deveria ser utilizado para efetuar essa identificação (ABNT, 2004).

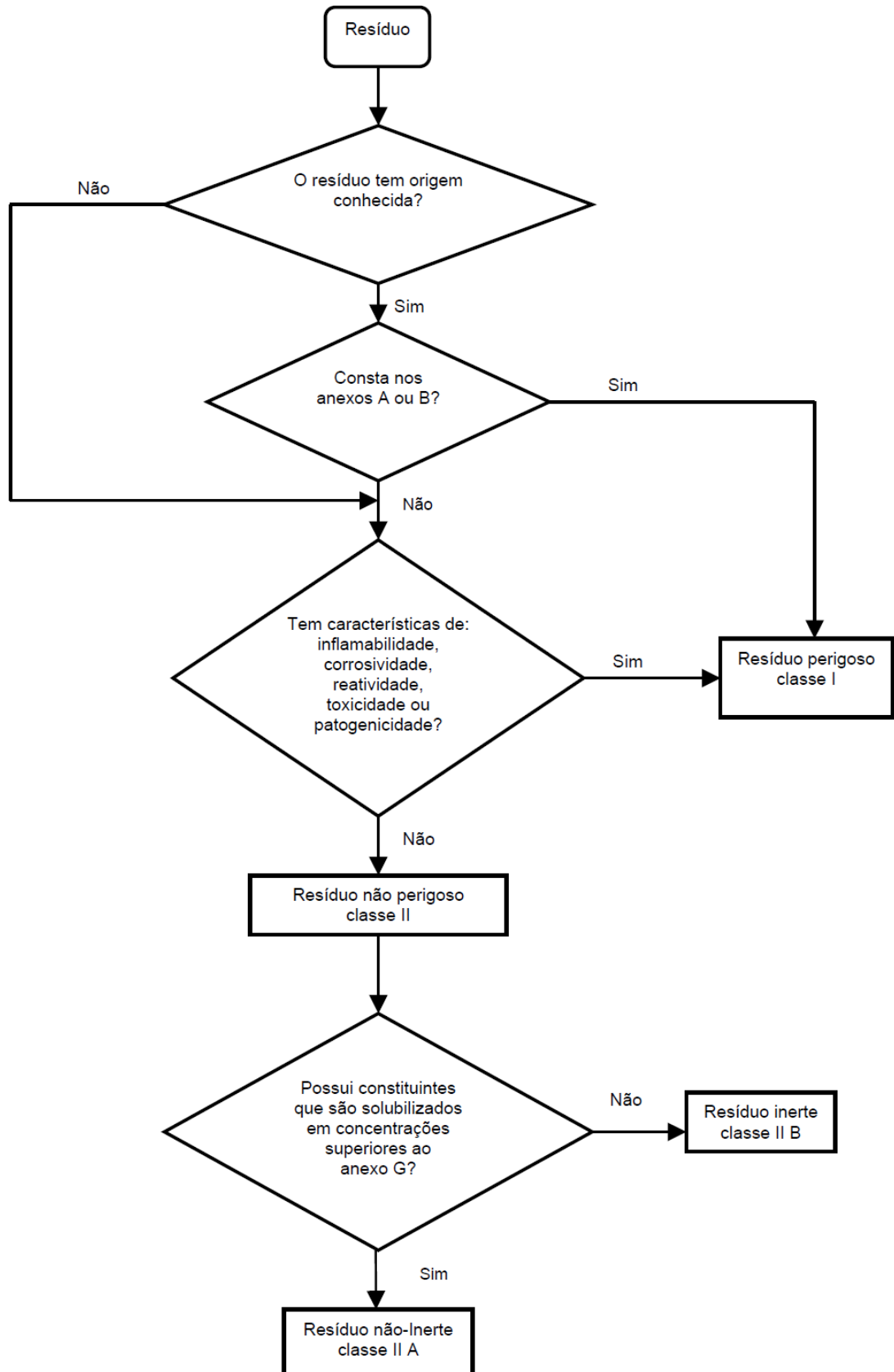
A norma dividiu a classificação de resíduos em duas classes principais, “classe I – Perigosos” e “classe II – Não perigosos”, esta última com duas subclasses, “classe II A – Não inertes” e “classe II B – Inertes”. Os resíduos perigosos foram classificados quanto a suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. Já os não perigosos foram classificados em inertes e não inertes. Classificando os inertes da seguinte forma:

Quaisquer resíduos que, quando amostrados de uma forma representativa, segundo a ABNT NBR 10007, e submetidos a um contato dinâmico e estático com água destilada ou desionizada, à temperatura ambiente, conforme ABNT NBR 10006, não tiverem nenhum de seus constituintes solubilizados a concentrações superiores aos padrões de potabilidade de água, excetuando-se aspecto, cor, turbidez, dureza e sabor, conforme anexo G (ABNT, 2004).

Resíduos não inertes foram classificados como aqueles que não se encaixam em nenhuma das outras classes, podem ter propriedades como biodegradabilidade, combustibilidade ou solubilidade em água.

A Figura 1 ilustra a classificação dos resíduos sólidos quanto ao risco à saúde pública e ao meio ambiente.

Figura 1 - Caracterização e classificação de resíduos sólidos



Fonte: ABNT, 2004.

3.3.3 Gestão Integrada de Resíduos Sólidos – Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos – IBAM/SEDU

Publicado pelo Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) e pela Secretaria do Desenvolvimento Urbano (SEDU), este manual contém orientações para elaboração do Plano Local de Gestão dos Resíduos Sólidos Urbanos, que inclui os arranjos institucionais necessários ao gerenciamento adequado dos serviços, as orientações para elaboração de planos de operação e manutenção, que abrangem a coleta e serviços similares, bem como orientações para a elaboração de planos de tratamento e/ou destinação final dos resíduos sólidos. Tem objetivo de ser uma ferramenta para a capacitação daqueles que lidam com resíduos sólidos, de forma que, munidos do conhecimento das formas de fazer, possam escolher as que melhor se adequem para suas condições específicas. (MONTEIRO, 2001).

Apesar do enfoque na limpeza urbana, o manual concentra importantes referências no gerenciamento de resíduos, contemplando questões de legislação ambiental, limpeza de logradouros, recuperação de recicláveis e classificação, caracterização, acondicionamento, tratamento, coleta, transporte e disposição final de resíduos.

3.3.4 Demais referenciais normativos relevantes ao tema

Outros importantes instrumentos normatizam a gestão de resíduos e assuntos relacionados, como a proteção do meio ambiente. Entre eles podemos destacar os seguintes:

- Lei nº 6.938, de 1981: Estabeleceu a Política Nacional do Meio Ambiente, claramente pautada pelo conceito de desenvolvimento sustentável, tem o seguinte como principal objetivo:
 - a preservação, melhoria e recuperação da qualidade ambiental propícia à vida, visando assegurar, no País, condições ao desenvolvimento socioeconômico, aos interesses da segurança nacional e à proteção da dignidade da vida humana (BRASIL, 1981);
- Lei nº 9.605, de 1998: Elencou as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente. A seção III desta lei foi dirigida especialmente à tipificação dos crimes de poluição e outros crimes ambientais. Seu artigo 56 merece destaque, visto que estabelece as penas a quem age de maneira perigosa ao descumprir as exigências legais, mesmo que ainda não tenha causado nenhum dano. Outro importante trecho desta lei se refere à seção V, dos crimes contra a administração ambiental, que no artigo 68 estabelece

punição de um a três anos e multa a quem descumpra obrigação de relevante interesse ambiental enquanto responsável legal ou contratual (BRASIL, 1998).

- Lei nº 9.795, de 1999: Estabeleceu a Política Nacional de Educação Ambiental, colocando a educação ambiental como um conjunto de processos de construção de valores sociais, conhecimentos, habilidades, atitudes e competências voltados à preservação do meio ambiente (BRASIL, 1999).
- Decreto nº 5.940, de 2006: Estabeleceu os requisitos e diretrizes para a destinação dos resíduos recicláveis descartados pelos órgãos e entidades da administração pública federal direta e indireta às associações e cooperativas dos catadores de materiais recicláveis (BRASIL, 2006).
- Resolução nº 237, de 1997, do CONAMA: Determinou que a localização, construção, instalação, ampliação, modificação e operação de empreendimentos e atividades que utilizem recursos ambientais que são efetivamente ou potencialmente poluidoras dependerão de prévio licenciamento. Também se incluem nessa condição os empreendimentos capazes de causar degradação ambiental (BRASIL, 1997).
- Resolução nº 275, de 2001, do CONAMA: Estabeleceu o código de cores para os diferentes tipos de resíduos, a ser adotado na identificação de coletores e transportadores, bem como nas campanhas informativas para a coleta seletiva. Esta resolução também determina que os programas de coleta seletiva criados e mantidos no âmbito da administração pública, em todos os níveis, sigam o padrão estabelecido, deixando a iniciativa privada a mesma diretriz, porém como recomendação (BRASIL, 2001);
- Resolução nº 307, de 2002, do CONAMA: Estabeleceu diretrizes, critérios e procedimentos para a gestão dos resíduos da construção civil, dividindo estes resíduos em classes A, B, C e D (BRASIL, 2002).

- Resolução nº 358, de 2005, do CONAMA: Dispôs sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde (RSS). Definiu o que são os RSS e quem são seus responsáveis legais, responsabilizando-os, junto aos geradores, pelo gerenciamento destes resíduos, desde a geração até a disposição final, sem prejuízo de responsabilização solidária daqueles que, direta ou indiretamente, causem ou possam causar prejuízo ao ambiente. Também tratou da obrigatoriedade que os gerados possuem de elaborar e implantar o Plano de Gerenciamento de Resíduos de Serviços de Saúde (PGRSS), entre outras importantes exigências. Dividiu estes resíduos em grupo A (com cinco subgrupos, A1 a A5), B, C, D e E, estabelecendo critérios mínimos para sua disposição final quanto a seleção de área, segurança e sinalização, aspectos técnicos e ao processo de disposição final (BRASIL, 2005).
- Resolução da Diretoria Colegiada – RDC nº 222, de 2018, da Agência Nacional de Vigilância Sanitária (ANVISA): Regulamentou Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde, em suas várias etapas, bem como determinou obrigações aos geradores, definiu requisitos ao PGRSS e estabeleceu a forma de identificação destes resíduos. Acompanhou a divisão em grupos dos RSS usada na Resolução nº 358, de 2005, do CONAMA (BRASIL, 2018).

3.4 GESTÃO DE RESÍDUOS

Schalch et al. (2002, p. 72–73), menciona que

Uma vez definido um modelo básico de gestão de resíduos sólidos, contemplando diretrizes, arranjos institucionais, instrumentos legais, mecanismos de financiamento, entre outras questões, deve-se criar uma estrutura para o gerenciamento dos resíduos, de acordo com o modelo de gestão

Assim, fica evidente que a implementação da gestão de resíduos depende de uma série de esforços por parte da instituição que está a implementá-la, a começar pelo planejamento e estratégia da gestão, levando em consideração os aspectos institucionais, legais, limitações financeiras, políticas, demográficas e práticas, resultando em um modelo de gestão que possua aplicabilidade ao contexto real.

Pode-se dizer que gerenciar resíduos de forma integrada é articular estas diversas ações e variáveis, acompanhando, criteriosamente, o ciclo dos resíduos (SCHALCH et al., 2002).

3.5 GESTÃO DE RESÍDUOS NAS UNIVERSIDADES

Além da promoção do ensino, pesquisa e extensão, as universidades ocupam um importante papel na busca de novas soluções, servindo como um espaço em que novos modelos e práticas podem ser testadas e adotadas a fim de caminhar rumo ao desenvolvimento sustentável, promovendo assim a adoção de processos mais limpos e o entendimento das questões ambientais no dia-a-dia (JULIATTO; CALVO; CARDOSO, 2011).

Tauchen e Brandli (2006) comparam as universidades com pequenos núcleos urbanos, por conta de suas complexas e variadas estruturas, necessárias ao apoio de suas atividades fim. Portanto, a operação de um campus resulta na geração de diversos tipos de resíduos, além do consumo de recursos naturais e do impacto na infraestrutura de água, energia e saneamento (TAUCHEN; BRANDLI, 2006).

Desta forma, conforme indicado por Juliatto, Calvo e Cardoso (2011), as universidades também herdam as dificuldades e as atribuições que outras instituições possuem em relação às práticas e requisitos de gestão ambiental, configurando uma oportunidade de implementação de modelos e exemplos de melhores práticas sustentáveis e de gestão de resíduos.

Mardegan et al (2002) comparam as atividades acadêmicas e de pesquisa à atividade industrial devido ao alto risco que alguns resíduos gerados possuem, mesmo que suas quantidades geradas sejam menores. Assim, apesar dos custos, um processo bem definido para

gestão de resíduos é fundamental para minimizar os danos ao meio ambiente, proporcionar um local seguro e saudável de trabalho e ensino e para conscientizar os estudantes da importância do correto gerenciamento de resíduos, tanto para as instituições públicas, quanto para as particulares.

Portanto, as universidades se veem com a necessidade de enfrentar o desafio de implantar e manter um abrangente Programa de Gestão de Resíduos.

Nesse aspecto, de Conto (2012) aponta que:

O processo de construção da gestão de resíduos em universidades é complexo e exige um esforço sistêmico e integrado de toda a comunidade acadêmica. As mudanças de condutas da comunidade acadêmica, em relação aos resíduos por ela gerados, estão associadas a uma cadeia complexa de variáveis que se inter-relacionam e que dependem das características específicas das atividades de ensino, de pesquisa e de extensão.

Nessas instituições, mudanças comportamentais dos administradores, professores, estudantes, colaboradores, fornecedores e terceirizados, e a integração das diferentes áreas do conhecimento, são importantes para a adoção de uma política ambiental, e consequentemente para a solução de conflitos ambientais. As universidades, como instituições responsáveis pela produção e socialização do conhecimento e formação de recursos humanos, têm um papel importante: dar o exemplo (produzir, socializar e formar respeitando o meio ambiente).

Desta forma, fica evidente o quão complexo é a implementação de um projeto de gestão de resíduos em uma universidade ou instituição de ensino superior, devido à necessidade de inclusão, comunicação e debate de diversos assuntos junto aos vários atores.

Ao analisar 12 campi do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS) em relação às ações de sustentabilidade, Palma, Alves e Silva (2013) concluíram que é necessária a inclusão gradativa de estratégias, possibilitando o debate sobre o tema e valorizando questões locais, da diversidade e da pluralidade. Também foi constatada a necessidade de um trabalho de formação interdisciplinar com os profissionais envolvidos, de forma a compensar o efeito da profissionalização especializada e transformá-los em atores que praticam as mudanças.

Portanto, é de suma importância para a efetividade e continuidade de um programa de gestão de resíduos que seja implantado uma política institucional de gestão de resíduos que integre educação e comunicação de todos envolvidos e defina diretrizes, responsabilidades e metas a serem alcançadas, permitindo o controle e monitoramento das etapas, bem como no sucesso da transição entre a teoria e a prática.

3.6 SOFTWARES APLICADOS À GESTÃO DE RESÍDUOS

Ao buscar por soluções em *softwares* online de gestão de resíduos, capazes de atender uma grande instituição de ensino e demais tipos de instituições com variada gama de resíduos, que focasse no gerenciamento de resíduos, sua redução de geração, seu reaproveitamento e no cumprimento de requisitos legais, não foram localizados resultados livres de custo.

Mesmo para instituições que possuem capacidade de investimento na aquisição ou contratação de sistemas, as ofertas são poucas, sendo que apenas uma solução foi identificada cumprindo requisitos semelhantes: ser *online*, possibilitar gestão de todo ciclo de vida do resíduo, permitir reaproveitamento e auxiliar no cumprimento de requisitos legais. Esta solução é identificada como VG Resíduos.

O VG Resíduos promete permitir a gestão completa de resíduo, de sua aquisição ou geração até sua destinação final ambientalmente adequada. Segundo a página do sistema, o sistema se divide em módulos de Gerador, Gerenciador, Transportador e Tratador, possuindo as funcionalidades de controle de estoque de armazéns, emissão de relatórios, controle de documentação, monitoramento de licenças de fornecedores e alertas de prazos e vencimentos (VG RESÍDUOS, 2018). É uma ferramenta paga e seu valor altera de acordo com a instituição, sendo necessária solicitação de orçamento para implantar a ferramenta.

Outras soluções e projetos acadêmicos focavam em resíduos ou instituições específicas, como gestão de resíduos de construção civil ou de tomada de decisão na gestão de resíduos sólidos do lixo municipal, não atendendo os demais requisitos da UFTM e de outras instituições.

Entre estas soluções, podemos mencionar Massukado (2004), que desenvolveu um sistema de apoio à decisão usando simulação em cenários para auxiliar na gestão de resíduos sólidos urbanos domiciliares.

No contexto de gestão de resíduos da construção civil, também foi localizado o IRESÍDUOS, que promete auxiliar na criação e acompanhamento do Plano de Gerenciamento de Resíduos de Construção (PRGCC), no preenchimento de Controles/Manifestos de Transporte de Resíduos e no controle de conformidade através de indicadores de metas. O sistema tem um custo de R\$ 190,00 por obra gerenciada (IRESÍDUOS, 2018).

Na área de gestão de resíduos industriais, foi localizado o sistema SIGRA (Software de Gestão de Resíduos Ambientesys). A página da empresa não divulga o valor do sistema ou se ele pode ser adquirido a parte de outros serviços da empresa. De acordo com as informações retiradas do sítio do sistema, ele possui as seguintes funções (AMBIENTESYS, 2018):

acesso via web, onde é possível monitorar e visualizar todas as informações pertinentes ao processo de Gerenciamento de Resíduos do Cliente, como controle dos resíduos, tipos, quantidades, Manifesto de Transporte de Resíduos – MTR, origens e destinos além de promover um controle de licenças e autorizações quanto à validade e volumes, onde os volumes autorizados pelos órgãos ambientais serão confrontados com os volumes efetivamente enviados, segundo fichas específicas de controle, de tratamento e destino final de resíduos industriais, Certificado de Destinação Final – CDF, além de diversos relatórios de controle

A Figura 2 destaca as principais diferenças entre os softwares encontrados.

Figura 2 – Quadro comparativo de softwares

Software	VG Resíduos	Sistema de apoio à decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares	IRESDUOS	SIGRA
Responsável	VG Resíduos	Massukado (2004)	IRESDUOS	Ambientesys
Custo	Pago, o valor varia de acordo com a instituição	Não informado	R\$ 190,00 por obra	Pago, o valor não é informado
Online	Sim	Não	Sim	Sim
Gerenciamento de Diferentes Tipos de Resíduos	Sim	Somente lixo municipal	Somente construção civil	Sim
Atendimento da Legislação	Sim	Não	Não	Sim

Fonte: Do autor, 2019.

4 METODOLOGIA

Para o desenvolvimento deste projeto, foi feito um levantamento das exigências e recomendações técnicas e legais de gestão e gerenciamento de resíduos. Também foi levada em consideração a documentação específica da UFTM e os conhecimentos de parte dos envolvidos na gestão.

4.1 SOBRE A UFTM

Faz-se necessária uma contextualização sobre a UFTM, visto que o presente estudo tem como objetivo um projeto de software que possa ser desenvolvido e implantado nesta instituição.

Fundada como Faculdade de Medicina do Triângulo Mineiro – FMTM e posteriormente transformada em Universidade Federal do Triângulo Mineiro em 2005, a UFTM é uma Instituição Federal de Ensino Superior constituída sob a forma de Autarquia e vinculada ao Ministério da Educação. Conta com aproximadamente sete mil alunos distribuídos nos campi de Uberaba e Iturama em trinta cursos de graduação, dezenove de pós-graduação e oito de educação profissionalizante, além de aproximadamente 1500 técnicos-administrativos, setecentos docentes e centenas de agentes terceirizados (UFTM, 2019).

A Universidade tem uma importante atuação na assistência à saúde com seu Hospital de Clínicas em Uberaba. Também faz parte de sua estrutura o Complexo Cultural e Científico de Peirópolis, onde situa-se o Museu dos Dinossauros e sítios de escavações paleontológicas (UFTM, 2019).

4.2 POLÍTICA DE GESTÃO DE RESÍDUOS NA UFTM

A Política de Gestão de Resíduos (PGR) na UFTM é definida pelo Programa de Gestão de Resíduos, que é parte do Plano de Gestão de Logística Sustentável (PLS) da instituição. O PLS tem por objetivo promover o desenvolvimento nacional sustentável nas contratações realizadas pelos órgãos da administração pública federal. Sua elaboração e implantação é uma exigência legal a estes órgãos, bem como seu acompanhamento através de relatórios anuais.

O PLS da UFTM estabelece o seguinte:

Diretrizes e programas para inserção de atributos de sustentabilidade na gestão da logística, visando à melhoria da qualidade de vida dos servidores, à redução de possíveis impactos negativos decorrentes de ações da UFTM, bem como à potencialização dos impactos positivos (UFTM, 2017).

O PGR da UFTM tem como objetivo desenvolver ações sustentáveis ligadas à geração de resíduos nas atividades administrativas, de ensino, pesquisa e extensão. Ele é composto por ações propostas com base em diagnósticos realizados nas unidades da instituição. Estas ações tem por objetivo estimular todos envolvidos neste processo a repensar suas ações a fim de minimizar o impacto ambiental e a quantidade de resíduos gerados, bem como dar precisão e transparência às medidas e práticas relacionadas aos resíduos e sua respectiva gestão (UFTM, 2017).

4.2.1 PGR UFTM e seus subprogramas

O PGR UFTM é composto por subprogramas, cada subprograma inclui diagnóstico, objetivo, ações propostas, cronograma de implementação e matriz de responsabilidades, recursos e riscos e desafios. O estudo destas informações foi crucial para análise de requisitos do software proposto, a fim de possibilitar a identificação dos requisitos necessários ao cumprimento das ações propostas e dos requisitos legais mencionados no documento, bem como a identificação dos envolvidos (UFTM, 2017).

O PGR UFTM estabelece os seguintes subprogramas (UFTM, 2017):

1. Coleta Seletiva

Tem por objetivo implantar a coleta seletiva a nível institucional, incluindo estudos gravimétricos e volumétricos e parcerias com associações e cooperativas de catadores de materiais recicláveis habilitadas a coletar os resíduos recicláveis descartados.

2. Resíduos dos Laboratórios

A instituição conta com laboratórios de ensino e pesquisa nas áreas de química, biologia, física e biomédica. As características e os constituintes dos resíduos gerados nestes laboratórios conferem a eles necessidade de classificação e tratamento especial. Fica definido neste subprograma que a classificação a ser utilizada para estes resíduos deve seguir a NBR 10004. Destaca-se entre as ações propostas a padronização do descarte dos resíduos e a verificação do cumprimento do contrato com as empresas que recebem resíduos perigosos.

3. Resíduos de Serviços de Saúde

Define e classifica quais são os resíduos de serviços de saúde de acordo com as normas relacionadas (ANVISA e CONAMA). Sugere que seja implantado o gerenciamento destes resíduos nas áreas da UFTM, visto que não são gerados somente no Hospital de Clínicas.

4. Resíduos Orgânicos

Propõe o reaproveitamento dos resíduos orgânicos gerados, inclusive os de capinas e podas e os descartados pelo restaurante universitário, bem como a viabilização do projeto de compostagem e a conscientização da comunidade acadêmica quanto a importância da correta separação do resíduo orgânico. Menciona a importância de uma rotina diária de coleta destes resíduos.

5. Resíduos Eletroeletrônicos e Demais Passíveis de Logística Reversa

Define os resíduos eletroeletrônicos como sendo os monitores, CPUs, impressoras, mouses e teclados. Menciona que os Resíduos Eletroeletrônicos passam por descarte convencional para a empresa responsável pela coleta municipal. Já os que possuem identificação patrimonial passam por um processo de desalienação antes do descarte convencional. Também menciona a parceria com empresas para a coleta, transporte e destinação final de lâmpadas, pilhas e baterias, bem como os coletores relacionados. Propõe que seja solicitada comprovação de destinação final adequada às empresas responsáveis pelo descarte de pilhas, baterias e lâmpadas.

6. Resíduos de Construção Civil

Menciona o diagnóstico de que as obras realizadas pelos servidores da UFTM têm seus resíduos armazenados em caçambas alugadas, são separados e encaminhados para empresa responsável pela classificação, pesagem e reciclagem destes resíduos. Propõe o acompanhamento das obras para verificar a correta separação dos resíduos nas caçambas, bem como a comprovação de correta destinação pela empresa contratada para receber estes resíduos. Propõe também uma constante análise dos resíduos gerados para fins de reaproveitamento em outras obras.

4.3 PESQUISA DOCUMENTAL DA LEGISLAÇÃO RELACIONADA

Um dos objetivos do software proposto no projeto é auxiliar no cumprimento da legislação e das recomendações técnicas relacionadas. Para identificar os requisitos necessários para cumprir esta funcionalidade, foi feita uma pesquisa na Rede de Informação Legislativa e Jurídica (LEXML) para encontrar a legislação relacionada, aplicando os filtros de termo “resíduos”, localização “federal”, categoria “legislação” e ordenando por relevância. Os vinte primeiros resultados foram analisados. Também foram consultados os endereços eletrônicos dos órgãos relacionados, como a ANVISA e o CONAMA e os referenciais teóricos utilizados em trabalhos anteriores, como Monteiro (2001), Schalch et al. (2002), de Conto (2012) e Paula (2015). A busca resultou nos itens e subitens do tópico 3.3 – Referenciais Técnicos e Normativos da Gestão de Resíduos no Brasil e suas respectivas análises, que também fomentaram a análise de requisitos.

4.4 ENTREVISTAS COM AS PARTES INTERESSADAS

No caso da UFTM, os principais interessados são os servidores da divisão hierárquica denominada “Serviço de Planejamento Sustentável”, geralmente composta por pelo menos um engenheiro ambiental, bem como o diretor de sua instância superior, denominada “Departamento de Desenvolvimento Institucional” e os colaboradores do PGR. A demanda por este software teve origem em uma reunião que agregou pelo menos um representante de cada uma destas partes. Nesta reunião foi apresentada a dificuldade que a UFTM enfrentava para gerir resíduos e foram indicados os requisitos iniciais do software para auxiliar neste fim.

Após o estudo do referencial teórico e normativo, bem como do PGR da UFTM, foi elaborada uma nova lista de requisitos e validada em uma nova entrevista, também no formato de reunião, em que foram discutidos cada requisito do sistema. Os resultados são apresentados no tópico 5 – Resultado.

5 RESULTADO

O resultado deste estudo forneceu a base para a análise de requisitos do software proposto, a fim de identificar os parâmetros e funcionalidades que o software deve possuir de forma que usuários gestores possam ajustá-lo conforme seus modelos de gestão e gerenciamento de resíduos.

5.1 DESCRIÇÃO GERAL DO SISTEMA

O software proposto oferece uma solução para a gestão e gerenciamento de resíduos em suas diversas etapas associadas, como geração, segregação, acondicionamento, traslado, destinação final ambientalmente adequada e reaproveitamento, a fim de auxiliar os gestores nas tomadas de decisões que possam levar a não geração, redução, reutilização e reciclagem destes resíduos, bem como no cumprimento da legislação.

5.2 REQUISITOS FUNCIONAIS

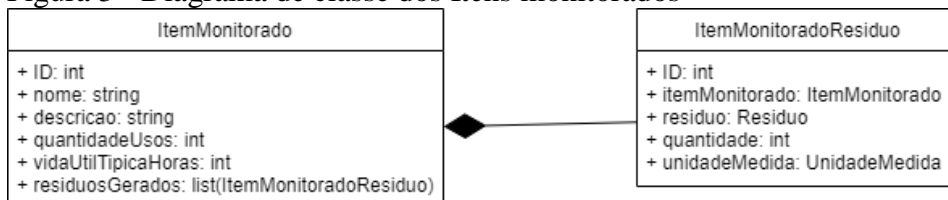
A análise do sistema levou aos seguintes requisitos funcionais.

5.2.1 Cadastro de itens de monitorados

Os itens monitorados são itens que serão considerados resíduos ao fim de sua vida útil. Esta função deve permitir o cadastro de nome de item monitorado, descrição, quantidade de usos, vida útil típica e resíduos gerados ao fim da vida útil, conforme. Na Figura 3 é possível observar o diagrama de classe que descreve os atributos mencionados e sua relação com os resíduos gerados.

Esta funcionalidade tem como objetivo permitir um maior controle sobre itens em uso que são de maior preocupação da instituição, como materiais radioativos, perfurocortantes, lâmpadas e pneus.

Figura 3 - Diagrama de classe dos Itens monitorados

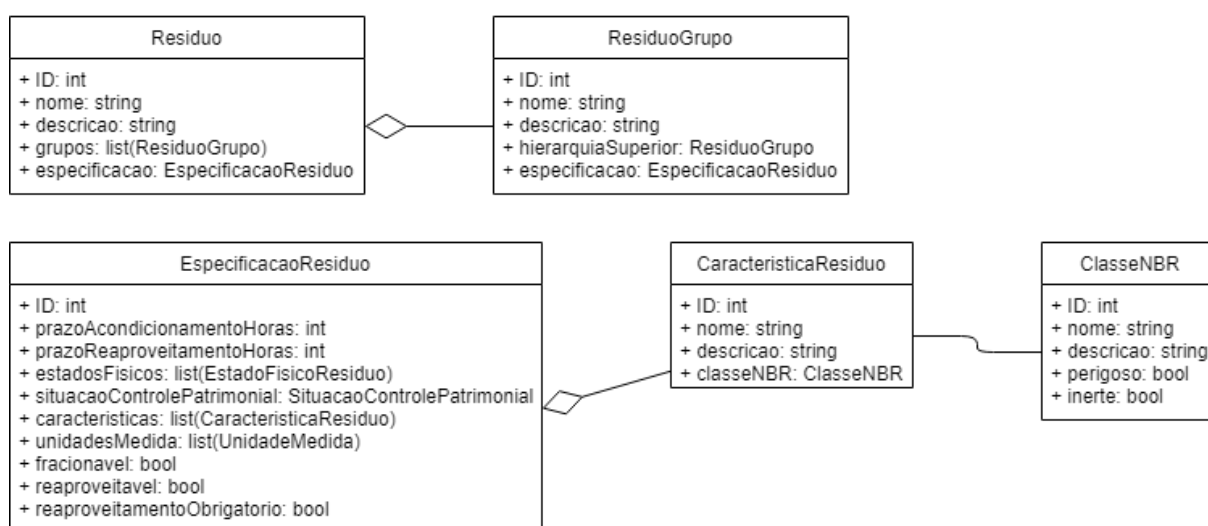


Fonte: Do autor, 2019.

5.2.2 Cadastro de resíduos, seus respectivos grupos e características

Deve permitir o cadastro de nome do resíduo, descrição, prazo de acondicionamento, prazo de reaproveitamento, possíveis estados físicos, situação de controle patrimonial e características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade, patogenicidade e inércia. Também deve ser necessário informar as unidades de medida compatíveis com o resíduo, suas equivalências (se houver, conforme item 5.2.17) e se trata-se de um resíduo fracionável, conforme detalhado no diagrama de classe da Figura 4. Para este cadastro, a categorização e caracterização dos resíduos deve ter por base a NBR 10004.

Figura 4 - Diagrama de classe dos resíduos e suas associações



Fonte: Do autor, 2019.

Para incentivar o reaproveitamento, o *software* deve permitir que os resíduos sejam colocados em disponibilidade para reaproveitamento antes de sua coleta e destinação final. Para isso, o sistema deve permitir que seja definido o prazo que certos resíduos ou grupos de resíduos podem ficar disponíveis para que usuários do sistema informem que desejam reaproveitá-los em parte ou integralmente. Também deve ser possível definir a obrigatoriedade de reaproveitamento antes da destinação final. Desta forma, durante este prazo, que começa a ser contado a partir da data de geração registrada, o único destino possível do resíduo deve ser a transferência por reaproveitamento.

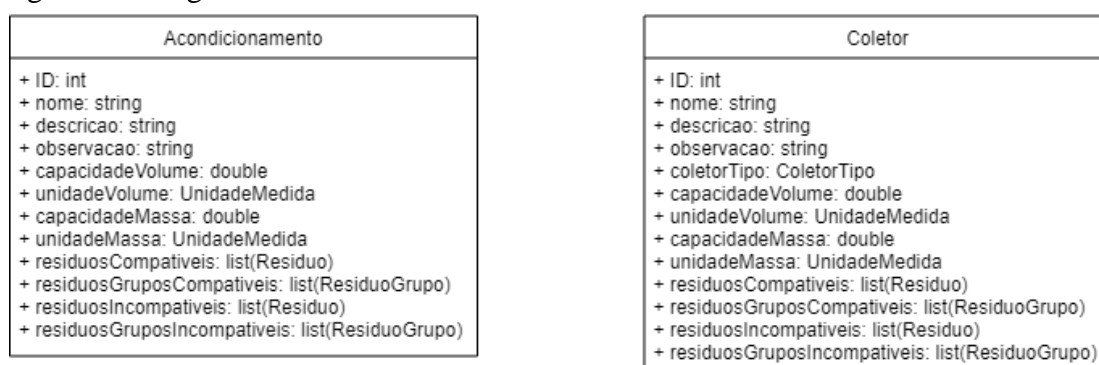
5.2.3 Cadastro das origens de resíduos

Deve permitir o cadastro de nome e descrição das possíveis fontes do resíduo, como aquisição, conversão, deterioração, extração.

5.2.4 Cadastro de tipos de acondicionamento e coletores

Deve permitir o cadastro do nome, descrição e capacidade útil (em volume e massa) de tipos de acondicionamento e coletores, bem como os resíduos compatíveis e incompatíveis com estes, conforme descrito na Figura 5 abaixo.

Figura 5 – Diagramas de classe dos acondicionamentos e coletores



Fonte: Do autor, 2019.

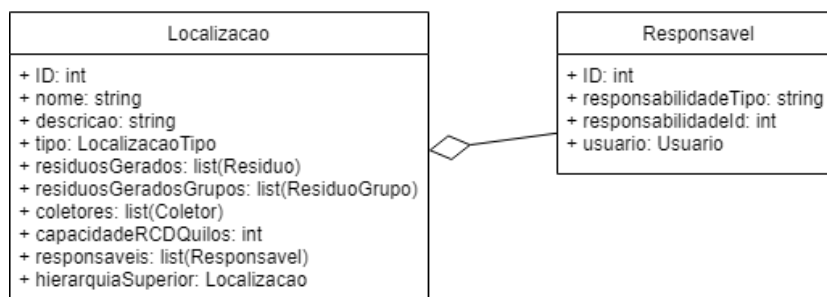
5.2.5 Cadastro de localizações de resíduos, seus respectivos tipos e características

Deve permitir o cadastro do nome e descrição dos ambientes que podem abrigar ou gerar resíduos, seus respectivos tipos, como laboratório, clínica, construção civil, e suas características, sendo elas:

- Tipos de resíduos gerados (por resíduo ou grupo de resíduo);
- Quantidade de coletores por tipo de resíduo; e
- Capacidade de resíduos de construção civil e demolição.

O cadastro também deve permitir uma organização hierárquica entre os locais. A Figura 6 detalha os atributos das localizações e sua associação com os responsáveis. Conforme é possível observar nesta figura, a classe Responsável se relaciona a diferentes classes. Além do relacionamento com a Localização, ilustrado abaixo, ela também se relacionará com os Grupos de Resíduos.

Figura 6 – Diagrama de classe das Localizações e sua associação com os responsáveis



Fonte: Do autor, 2019.

5.2.6 Cadastro de responsáveis por localização

Deve permitir o cadastro de um ou mais responsáveis por ambiente. Os responsáveis são os usuários com permissões para executar as tarefas administrativas do ambiente, como fazer o lançamento de resíduos ou solicitar coletas.

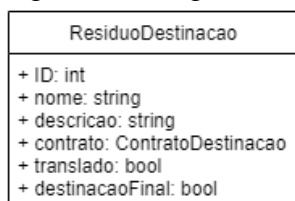
5.2.7 Cadastro de responsáveis por grupo de resíduos

Deve permitir o cadastro de um ou mais responsáveis por grupo de resíduos. Estes usuários devem ser providos da possibilidade de monitorar a geração e ciclo de vida destes resíduos em todas localizações da instituição e fazer alterações nos cadastros de resíduos de tipos dos quais são gestores, incluindo ou inativando resíduos e definindo suas características.

5.2.8 Cadastro de tipos de destinações de resíduos

Deve permitir o cadastro dos possíveis tipos de destinação dos resíduos, como transferência, desalienação patrimonial, venda, doação, reciclagem, reaproveitamento, tratamento, lixo comum (coleta urbana municipal) ou destinação específica (por parcerias ou contratos). O tipo de destinação deve ser definido como “translado”, em que um resíduo passa a ser responsabilidade de outra localização ou por “destinação final ambientalmente adequada”, em que o resíduo deixa de ser responsabilidade da instituição. A Figura 7 detalha os atributos relacionados a esta funcionalidade através de seu respectivo diagrama de classe.

Figura 7 – Diagrama de classe da Destinação de resíduos

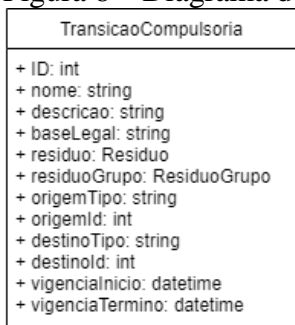


Fonte: Do autor, 2019.

5.2.9 Cadastro de transições compulsórias

Esta funcionalidade deve permitir a definição de fluxos específicos para determinados grupos de resíduos. Deve ser possível o vínculo de grupos de resíduos a tipos de destinação e, opcionalmente, a uma localização específica e a um contrato ou parceria. Conforme pode ser visto na Figura 8, o polimorfismo foi utilizado para permitir os diferentes vínculos possíveis, bem como registrar a base técnica ou legal que motivou a restrição.

Figura 8 – Diagrama de classe da Transição compulsória



Fonte: Do autor, 2019.

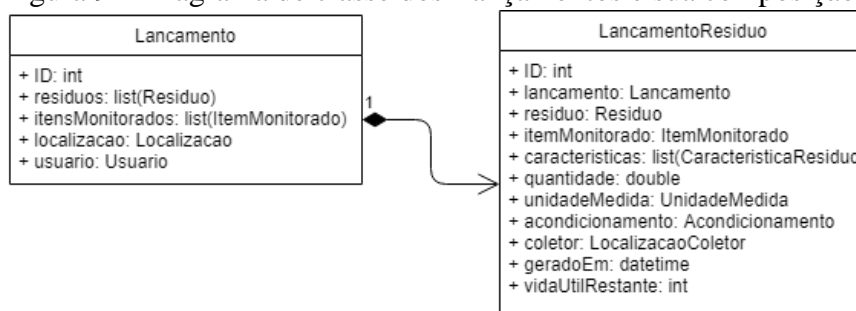
5.2.10 Cadastro de possíveis reaproveitamentos

Visto que um dos objetivos do *software* é reduzir o descarte e aumentar o reaproveitamento, este cadastro deve permitir que sejam informadas possíveis utilidades para um resíduo que é disponibilizado para eliminação, auxiliando usuários da instituição a identificar resíduos que podem ser aproveitados em outros locais da instituição. Como exemplo, podemos citar um aparelho eletrônico descartado por ter uma manutenção financeiramente inviável, porém, que pode ser reaproveitado para estudos em laboratório ou um resíduo orgânico que pode ser usado para compostagem.

5.2.11 Lançamento de itens monitorados e resíduos

Esta função é responsável por permitir a entrada de itens monitorados e resíduos na base de dados do sistema. Durante o lançamento deve ser informado o item monitorado ou o resíduo, suas características, a quantidade, o tipo de acondicionamento, o coletor utilizado e a hora da geração do resíduo. Caso o lançamento seja de um item monitorado, também deve ser informado o percentual estimado da vida útil restante do item. Estas definições se convertem na definição das classes relacionadas, conforme a Figura 9. É possível observar que a mesma classe é utilizada para o lançamento de resíduos e itens monitorados, podendo se relacionar conforme o caso.

Figura 9 – Diagrama de classe dos Lançamentos e sua composição com Resíduos



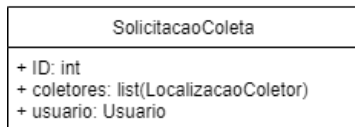
Fonte: Do autor, 2019.

O usuário deverá escolher o item ou resíduo a partir da lista de itens e resíduos que podem ser lançados na localização do usuário. Para facilitar o uso do sistema, deve ser possível abrir uma solicitação de coleta no momento do lançamento, a critério do usuário.

5.2.12 Solicitação de coleta

O *software* deve permitir que os responsáveis por uma localização ou grupo de resíduos gerem solicitações de coleta dos resíduos sob sua responsabilidade. A efetiva destinação estará sujeita a uma agenda de coleta predefinida ou a uma coleta sob demanda. Por padrão, os resíduos em solicitações de coleta em aberto serão disponibilizados para reaproveitamento, desde que sejam atendidos os prazos estabelecidos para tal. Ao solicitar uma coleta, devem ser especificados quais coletores serão recolhidos ou esvaziados, conforme Figura 10. Cabe observar que todas as classes possuem o atributo “Data da criação” por padrão, por isso não serão mencionados nos respectivos diagramas.

Figura 10 – Diagrama de classe da Solicitação de coleta

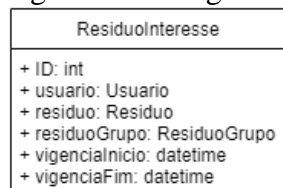


Fonte: Do autor, 2019.

5.2.13 Cadastro de Resíduos de Interesse

O objetivo desta função é permitir que responsáveis por localização informem quais resíduos ou tipos de resíduo são de seu interesse para aproveitamento. Desta forma, os usuários podem ser notificados quando um resíduo de seu interesse estiver disponível para aproveitamento. Os atributos necessários ao cumprimento desta função são descritos na Figura 11.

Figura 11 – Diagrama de classe dos Resíduos de interesse



Fonte: Do autor, 2019.

Esta funcionalidade deve estar disponível a todos os responsáveis por localização. Os usuários devem ter opção de escolher os tipos de notificação que querem receber, *online* e e-mail.

5.2.14 Modelos e geração automática de documentos

O sistema deve permitir que sejam criados modelos de documentos, para que estes sejam gerados manualmente ou automaticamente quando vinculados à uma ação do sistema. Esta funcionalidade tem como objetivo permitir que o sistema gere uma variada gama de documentos ao longo das operações no sistema, para diversos fins, seja de controle interno ou atendimento de recomendações técnicas e requisitos legais. A configuração destes modelos e documentos ficará a critério dos usuários gestores.

Os gatilhos para geração automática de documentos deverão ser configurados por um ou mais dos seguintes critérios:

- Tipo de destinação (entre as cadastradas, tópico 5.2.8);
- Tipo de operação, sendo “Lançamento”, “Translado” e “Destinação final”; e
- Tipo de resíduo.

A assinatura *online* destes documentos deve ser possível através do recurso de confirmação de usuário e senha e o sistema deve permitir que o público e demais instituições validem as informações constantes nos documentos, bem como suas assinaturas.

Quando assinável digitalmente, o usuário deverá informar quais usuários do sistema irão assinar o documento, bem como seus respectivos papéis de assinantes, que terão designação descritiva a critério do usuário (como por exemplo “Responsável Técnico Laboratorial” ou “Engenheiro Responsável”).

Os modelos devem ser parametrizáveis por seções fixas ou dinâmicas, as seções serão usadas para gerar o documento e seu conteúdo. Seções fixas possuem conteúdo não editável, que sempre serão gerados e exibidos da mesma maneira. Seções dinâmicas possuem conteúdo dinâmico, podendo ser uma lista de resíduos, uma lista de assinaturas ou um texto que pode fazer uso das seguintes variáveis:

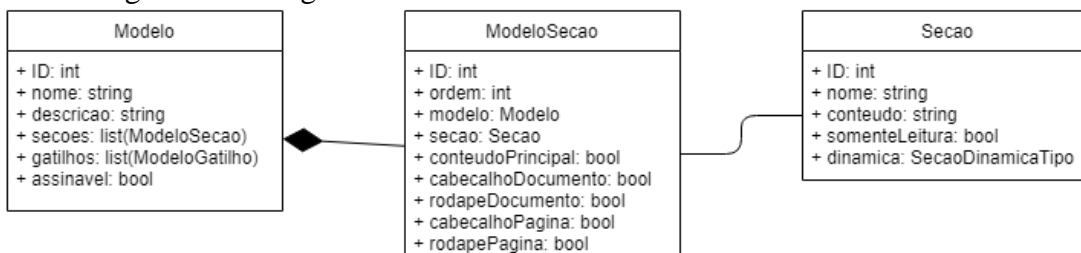
- Data e hora;
- Nome e descrição da localização atual dos coletores;
- Nome e descrição da localização de destino dos resíduos, quando o documento for gerado por uma ação que envolve translado; e
- Nome do usuário do sistema que efetua a ação que gera o documento;

As seções poderão ser definidas quanto a sua possibilidade de edição, permitindo ou evitando que o usuário altere o conteúdo dos documentos gerados a partir do modelo. Em quaisquer

casos, nenhum documento poderá ser alterado após sua assinatura, a fim de oferecer segurança jurídica.

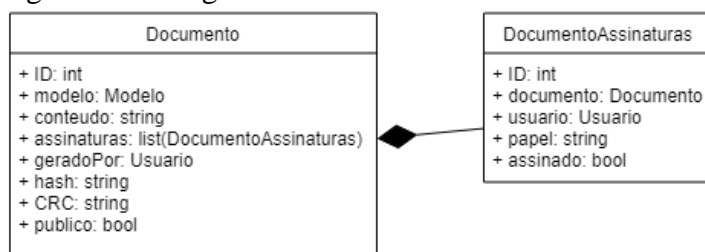
Usando estas especificações, chegamos ao resultado ilustrado pelas Figura 12, Figura 13 e Figura 14, que detalham os atributos necessários nesta funcionalidade. Conforme é possível extrair da Figura 12, as seções podem ser aproveitadas em diferentes modelos.

Figura 12 – Diagramas de classe dos Modelos de documentos



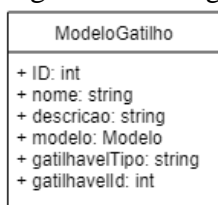
Fonte: Do autor, 2019.

Figura 13 – Diagrama de classe dos Documentos



Fonte: Do autor, 2019.

Figura 14 – Diagrama de classe dos Gatilhos de geração de documentos



Fonte: Do autor, 2019.

5.2.15 Lembretes e notificações

Esta funcionalidade deve permitir a configuração de mensagens de lembrete e notificação *online* ou por e-mail para as seguintes ações:

- Efetuar o lançamento de resíduos da localização, a ser definido em dias desde o último lançamento;
- Solicitar coletas, a ser definido em percentual relativo ao prazo de acondicionamento restante dos resíduos;
- Solicitar coletas, a ser definido em percentual relativo à capacidade de armazenamento dos coletores da localização; e
- Documentos disponíveis para assinatura.

5.2.16 Cadastro de requisitos legais, recomendações técnicas e orientações gerais

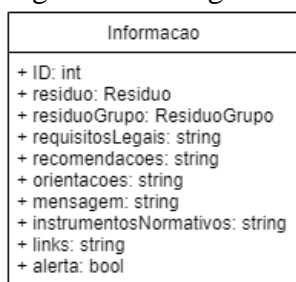
Para auxiliar os usuários do sistema no cumprimento da legislação e das recomendações técnicas quanto à gestão e gerenciamento de resíduos, o *software* deve permitir o cadastro e vínculo de “requisitos legais”, “recomendações técnicas” e “orientações gerais” com resíduos e grupos de resíduos, permitindo que os usuários visualizem alertas ou observações sempre que tratarem do manejo destes resíduos no sistema.

A existência destas informações deverá ser indicada ao lado do nome do resíduo na forma de ícone, que, ao ser clicado ou sobreposto pela seta do *mouse*, exibirá os detalhes destas mensagens.

O cadastro deve conter a mensagem ao usuário, o nome dos instrumentos normativos e *links* de interesse.

Conforme a Figura 15, os requisitos legais, recomendações técnicas e orientações gerais são declarados no sistema como Informações, a figura descreve a respectiva classe e seus atributos.

Figura 15 – Diagrama da classe Informações



Fonte: Do autor, 2019.

5.2.17 Cadastro de unidades de medida e equivalências

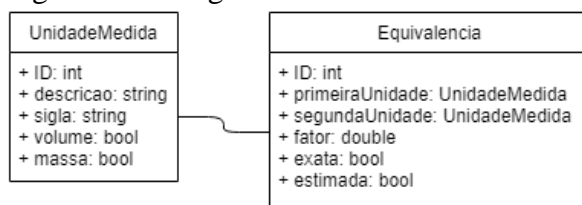
Tendo em vista a variedade de resíduos que poderá ser gerenciada no sistema, faz-se necessário que diferentes unidades de medida estejam disponíveis para uso. Para flexibilizar o uso e atender às práticas do cotidiano, um mesmo resíduo deve poder ser informado utilizando diferentes medidas, desde que compatíveis com o resíduo.

Desta forma, o cadastro do resíduo deverá permitir equivalências entre medidas diferentes, sendo elas exatas ou estimadas. Como exemplo, podemos informar ao sistema que três metros cúbicos de entulho de construção civil são equivalentes a aproximadamente cinco toneladas.

Além das equivalências definíveis, o sistema deverá possuir também equivalências de metros cúbicos em litros, litros em mililitros e quilos em gramas.

A Figura 16 contém o diagrama de classes das unidades de medida e equivalências. Conforme é possível observar, através do atributo fator é possível fazer as conversões de forma bilateral de um volume ou massa de forma exata ou estimada.

Figura 16 – Diagrama de classe das Unidades de Medida e Equivalências



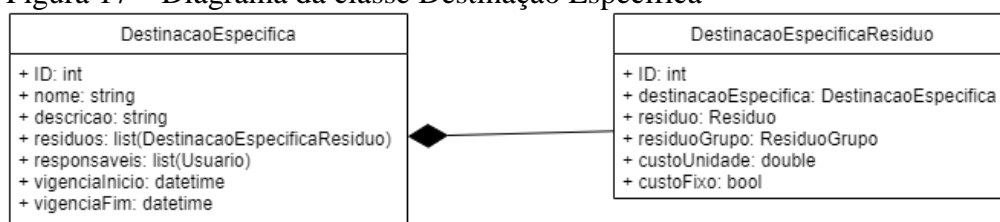
Fonte: Do autor, 2019.

5.2.18 Gestão de contratos e parcerias para destinações específicas e logística reversa

O sistema deve permitir o controle de contratos e parcerias para destinações específicas e logística reversa, especificando os resíduos e grupos de resíduos englobados no contrato, bem como os responsáveis pela gestão do contrato, o prazo de vigência e os custos pré-fixados ou estimados de descarte por unidade ou medida.

Os atributos relacionados a esta funcionalidade são descritos pela Figura 17, em que os contratos e parcerias são descritos como Destinação Específica.

Figura 17 – Diagrama da classe Destinação Específica



Fonte: Do autor, 2019.

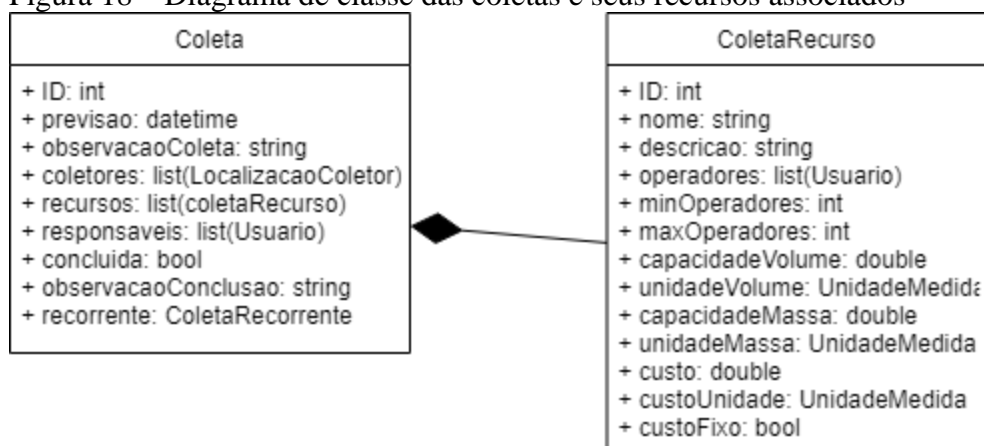
5.2.19 Gestão de transportadores e agenda de coletas

Deve ser possível a definição de responsáveis, recurso, periodicidade ou datas para coleta ou esvaziamento dos coletores de uma ou mais localizações.

O sistema também deve possibilitar que sejam informados os custos pré-fixados ou estimados do recurso por volume ou massa de resíduos coletados.

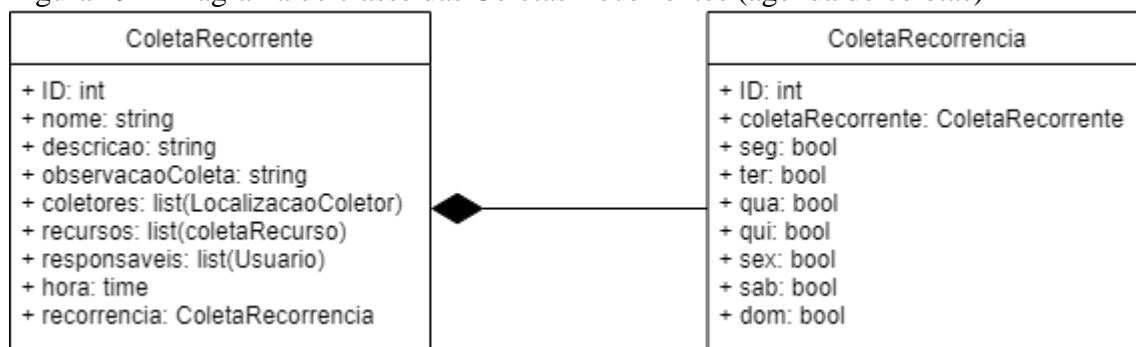
Conforme o diagrama de classe da Figura 18 e Figura 19, as coletas são divididas por coletores e recursos utilizados e possuem uma data e hora previstas para acontecerem. A agenda de coletas é controlada através da recorrência de um horário de coleta em diferentes dias da semana.

Figura 18 – Diagrama de classe das coletas e seus recursos associados



Fonte: Do autor, 2019.

Figura 19 – Diagrama de classe das Coletas Recorrentes (agenda de coletas)



Fonte: Do autor, 2019.

5.2.20 Interface de comunicação com outros sistemas

O sistema deve possuir uma API (*Application Programming Interface*, Interface de Programação de Aplicação) capaz de comunicar com o sistema Integrado da UFTM (UFTMNet) e outros sistemas que forem compatíveis, permitindo a importação de usuários, localizações, resíduos e vínculos de responsáveis por localização.

5.2.21 Tarefas de usuário

Esta funcionalidade deve permitir o cadastramento e vínculo de tarefas a usuários, as tarefas poderão possuir prazos. Uma tarefa deve poder ser marcada como “Concluída” pelo usuário criador ou pelo usuário ao qual a tarefa está atribuída.

5.2.22 Emissão de relatórios, resumos analíticos e gráficos

O sistema deve prover uma área inicial de controle (*Dashboard*) com um resumo das principais informações relevantes ao usuário, como as seguintes:

- quantidade de resíduos acumulados;
- previsão de próximas coletas;
- lista dos principais materiais disponíveis para reutilização nas demais localizações;
- quantidade de resíduos gerados desde a última coleta; e
- situação dos contratos sob a gestão do usuário, incluindo valor atual e proximidade do fim de vigência.

Esta área deverá ser apresentada imediatamente após a autenticação do usuário no sistema.

O sistema deverá permitir a geração dos seguintes relatórios para o perfil de “Administrador do Sistema”:

- Resíduos por localização;
- Geração de resíduos por período e localização;
- Gastos com coleta e descarte.

Para o perfil de “Administrador do Sistema” e demais usuários, também deve ser viabilizado os seguintes relatórios:

- Destinação de resíduos por período;
- Inconsistências (resíduos que não estão em conformidade com as transições obrigatórias cadastradas);
- Recomendações (compilação dos requisitos legais, recomendações técnicas e orientações gerais por resíduos gerados);

O sistema deve permitir a publicação de relatórios sob demanda dos gestores, a fim de permitir que certas informações estejam disponíveis à comunidade, atendendo ao princípio da transparência.

5.2.23 Gestão de usuários e permissões

É necessário que o *software* se adeque a diferentes perfis, com permissões configuráveis por usuário e localização, além de permitir a inclusão de novos usuários, alteração e inativação dos usuários existentes.

O sistema deve possuir os seguintes perfis:

- “Administrador de Localizações”: permite a criação e alteração de Localizações e suas estruturas hierárquicas (item 5.2.6);
- “Administrador de Itens Monitorados”: permite a criação e alteração de Itens Monitorados (item 5.2.1);
- “Administrador de Resíduos”: permite a criação e alteração dos Resíduos, bem como de seus tipos e estrutura hierárquica (item 5.2.2);
- “Administrador de Transporte e Coletas”: dá acesso às funcionalidades de gestão de transporte e agenda de coletas (item 5.2.19);
- “Responsável por Localização”: atribuído automaticamente aos usuários vinculados como responsáveis por uma ou mais localizações, permite o lançamento de resíduos e solicitações de coleta (itens 5.2.11 e 5.2.12);
- “Responsável por Grupo de Resíduo”: atribuído automaticamente aos usuários vinculados como responsáveis por um ou mais grupos de resíduos, permite o monitoramento e solicitações de coleta do grupo de resíduo vinculado ao usuário (itens 5.2.11 e 5.2.12); e
- “Administrador do Sistema”: perfil especial que forneça acesso completo a todas localizações cadastradas, bem como todas funcionalidades e cadastros do sistema.

5.3 REQUISITOS NÃO FUNCIONAIS

Para atender às necessidades da UFTM, o desenvolvimento do software deve se atentar aos seguintes requisitos:

- Disponibilidade na *web* em diferentes dispositivos (responsivo);
- Interface intuitiva;
- Compatibilidade com os SGBDs – Sistemas de gerenciamento de banco de dados – mais populares, incluindo PostgreSQL, SGBD padrão utilizado na UFTM
- Alto desempenho em uso simultâneo por dezenas de usuários.

5.4 FERRAMENTAS E TECNOLOGIAS DE DESENVOLVIMENTO

Para atender a UFTM, o desenvolvimento do software deve ser realizado utilizando tecnologias livres (*open source*) capazes de prover alto desempenho, produtividade e compatibilidade com múltiplas plataformas, além de facilitar a manutenção, atualização e novas implementações no sistema.

5.4.1 HTML5

HTML5 é a quinta e mais atual versão da linguagem HTML – *HyperText Markup Language* (Linguagem de Marcação de Hipertexto). O HTML é composto por um conjunto de marcadores (*tags*) e atributos que estruturam as páginas Web em elementos, como links, parágrafos, cabeçalhos, rodapés, tabelas, botões, entre outros. O código composto por estes marcadores é interpretado em tempo real pelos navegadores e demais clientes de usuário (como buscadores *Web*) e apresentado de maneira compreensível e utilizável (RAGGETT; LE HORS; JACOBS, 1999).

Prescott e Torres (2015) definem que o HTML atua como “um bloco básico de construção de sítios web e todo o resto do conteúdo atua como tijolo de suporte”. Desta forma, o HTML é o meio para definir a estrutura da construção das páginas *Web*, enquanto os demais conteúdos, como imagens, textos e recursos multimídia são os tijolos que preenchem a estrutura.

Em 2011, o *World Wide Web Consortium* (W3C) estendeu a patente do HTML para a quinta revisão em pleno funcionamento, que ficou conhecida como HTML5. O HTML5 trouxe novas possibilidades de interação com dados locais e remotos, suporte a conteúdos multimídia ricos (vídeos, áudios, animações e outros recursos interativos), novos atributos, páginas *off-line*, entre outras funções (PRESCOTT; TORRES, 2015).

Por conta do exposto, o HTML5 se mostra como uma das ferramentas indispensáveis ao desenvolvimento do software proposto, a fim de que este seja compatível com os mais modernos navegadores *Web* e comporte uma ampla gama de recursos interativos.

5.4.2 JavaScript

JavaScript é uma linguagem de programação lançada em 1995 a fim de tornar as aplicações *Webs* mais interativas. Originalmente foi batizada de LiveScript e, posteriormente, renomeada para JavaScript. Desde então, seus recursos e robustez foram continuamente ampliados, a fim de acompanhar as novas exigências no desenvolvimento de aplicações *Web* e páginas interativas (DE PINHO, 2017).

O uso desta linguagem é previsto no desenvolvimento do sistema para permitir a implementação de recursos dinâmicos em tempo real nos dispositivos dos usuários.

5.4.3 CSS

CSS ou *Cascading Style Sheets* (Folhas de Estilo em Cascata) é o mecanismo padrão do W3C para adicionar estilos (fontes, formatações, espaçamentos, bordas, cores, etc.) em páginas *Web* (W3C, 2018). Desta forma, enquanto HTML é usado para estruturar páginas, o CSS é utilizado para apresentá-las.

Segundo Silva (2015), uma folha de estilos é um conjunto de regras e cada regra se divide em seletor e declaração, sendo que uma declaração é composta por propriedades e seus respectivos valores. Os seletores especificam quais elementos HTML serão afetados pela regra, enquanto as propriedades especificam quais características serão formatadas (como cor, fonte, margens, etc.).

Ainda conforme apontado por Silva (2015), as folhas de estilo CSS oferecem conveniência, organização e padronização na configuração de apresentação das páginas *Web*, visto que uma mesma folha de estilo pode ser utilizada em várias páginas e concentra as diferentes regras de apresentação de forma estruturada.

5.4.4 PHP

PHP – *PHP: Hypertext Preprocessor* (Pré-processador de Hipertexto PHP) é uma linguagem de programação que tem sua origem em 1994, quando Rasmus Lerdorf a criou para fins pessoais. Desde então, diversas implementações foram feitas na linguagem a fim de estender suas funcionalidades e melhorar seu desempenho. Em 2004, após um longo período de desenvolvimento, foi lançada uma das suas mais importantes revisões, a quinta versão, que permitiu o suporte a orientação a objetos, além de diversos novos recursos. Estima-se que cerca de 80% dos servidores *web* utilizem PHP, o que faz da linguagem a mais utilizada para desenvolvimento de aplicações *web* (DALL’OGLIO, 2015).

Atualmente o PHP está em sua sétima versão, uma importante revisão que proporcionou diversas melhorias em comparação com a quinta versão, entre elas um aumento de até 100% no desempenho, redução do uso de memória, redução de erros fatais, entre outros. PHP é uma linguagem de programação *server-side*, portanto, o código é interpretado e executado pelo servidor que provê a aplicação a partir de uma chamada, retornado ao cliente somente o resultado de sua requisição (PHP, 2015).

O PHP é a linguagem de programação escolhida para o desenvolvimento deste projeto por conta de seu desempenho, eficiência, popularidade e vasto material de apoio.

5.4.5 PostgreSQL

O PostgreSQL é um poderoso SGBD relacional de código aberto e nível empresarial. Possui mais de vinte anos de desenvolvimento ativo por uma ampla e democrática comunidade. Novas versões são lançadas anualmente, incorporando diversas funcionalidades e melhorias (OBE; HSU, 2017).

Apesar da compatibilidade do sistema com outros SGBDs, por conta do uso dos componentes de acesso a banco do Laravel, o PostgreSQL é indicado como SGBD preferencial para esta aplicação por conta de seu desempenho, popularidade e gratuidade.

5.5 MODELAGEM E ARQUITETURA LÓGICA DO SISTEMA

Conforme Bezerra (2017), sistemas de informações surgiram da necessidade de gerenciar devidamente e de forma eficiente informações que são cada vez mais importantes.

Ainda segundo Bezerra (2017):

Um sistema de informações é uma combinação de pessoas, dados, processos, interfaces, redes de comunicação e tecnologia que interagem com o objetivo de dar suporte e melhorar o processo de negócio de uma organização empresarial com relação às informações que nela fluem. Considerando o caráter estratégico da informação nos dias de hoje, pode-se dizer também que os sistemas de informações têm o objetivo de prover vantagens para uma organização do ponto de vista competitivo.

Desta forma, fica evidente que a crescente complexidade da informação, dos elementos de um sistema de informações e de seus envolvidos apresentam um importante desafio: o de planejar e organizar o máximo de informações ainda na fase de projeto do software. Durante esta fase é possível antecipar problemas e corrigi-los de forma menos dispendiosa (PRESSMAN, 2009).

A Modelagem de Sistemas é uma importante etapa da construção de um software, a fim de dar uma representação ao software que será construído, podendo ser comparada à uma maquete de edifícios, facilitando o gerenciamento da complexidade, a comunicação entre os envolvidos, reduzindo custos de desenvolvimento e prevendo o comportamento futuro do sistema, servindo como um laboratório em que diferentes soluções para a construção do software podem ser consideradas. Modelos de sistemas são representados por diagramas compostos por elementos gráficos que possuem significados predefinidos, sendo complementados por textos quando e onde necessário. Estes modelos permitem de desenvolvedores e outros envolvidos tenham uma representação concisa do sistema (BEZERRA, 2017).

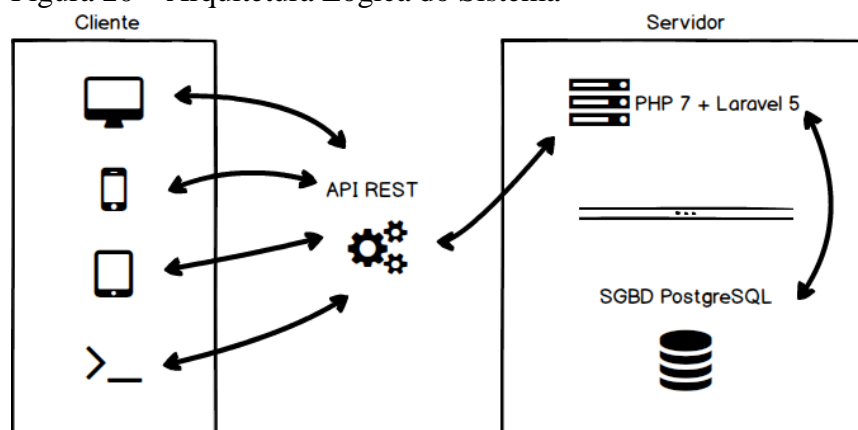
O paradigma da orientação a objetos foi criado a fim de aproximar a representação de sistemas com a maneira como as coisas funcionam no cotidiano. De acordo com este paradigma, tudo é um objeto e eles interagem entre si por requisições de serviço. São organizados em classes, sendo que estas são repositórios para objetos similares. Cada classe determina comportamentos associados aos objetos que as compõem e também sua hierarquia em relação a outras classes. (BEZERRA, 2017).

Esse paradigma é uma das teorias mais relevantes em desenvolvimento de sistemas desde sua difusão, possuindo amplo suporte pelas atuais linguagens de programação, inclusive o PHP.

Já em relação à arquitetura lógica de sistemas, temos o conceito da divisão de sistema em camadas de *software*. Bezerra (2017) define uma camada de software como “uma coleção de unidades de software (como classes ou componentes) que podem ser executadas ou acessadas”. Esta divisão tem como objetivo permitir que o sistema seja mais portátil e modificável, visto que a mudança no funcionamento de uma camada não afeta as demais, desde que sua interface não seja alterada (BEZERRA, 2017).

A arquitetura a ser utilizada no projeto deste sistema será a de cliente-servidor multicamadas. Nesta arquitetura, um conjunto de camadas é responsável pelo lado do cliente, representado pelo usuário ou outro sistema, e outro conjunto de camadas é responsável pelo lado do servidor, responsável por processar as requisições feitas pelo cliente, validando, salvando, recuperando e retornando dados ao cliente, conforme ilustrado pela Figura 20.

Figura 20 – Arquitetura Lógica do Sistema



Fonte: Do autor, 2018

Conforme é possível observar na Figura 20, os clientes, sejam eles computadores, dispositivos móveis ou outros sistemas, fazem requisições ao servidor utilizando uma API REST – *Representational State Transfer* (Transferência de Estado Representacional). Estas requisições são interpretadas pelo *framework* Laravel, que irá comunicar com o SGBD sempre que for necessário salvar informações ou recuperar informações salvas para atender às requisições dos clientes. Após interpretação pelo *framework*, certas requisições poderão passar por validações ou exigência de autenticação (LARAVEL, 2018).

Conforme documentado por Fielding (2000), a arquitetura Web REST, criada e descrita por ele em 2000, é composta por um conjunto de restrições que a caracterizam. Entre as restrições, podemos destacar as seguintes:

- Cliente-Servidor: as preocupações em relação a interface de usuário são separadas do armazenamento de dados, a fim de permitir a portabilidade da

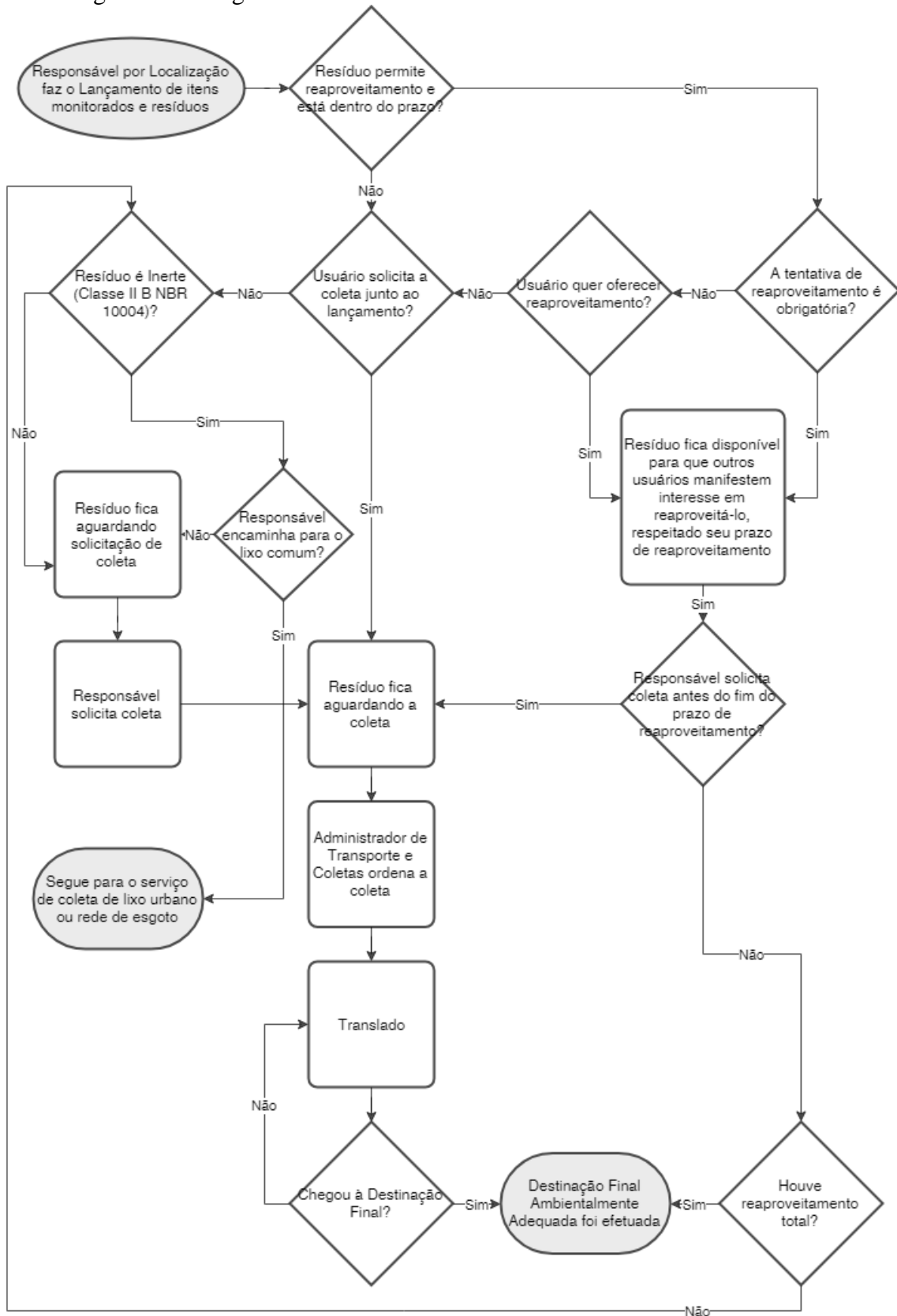
interface entre várias plataformas, melhorar a escalabilidade e simplificar os componentes do servidor;

- *Stateless* (Sem estado): o servidor não precisa manter informações sobre o estado dos clientes, portanto, cada requisição deve conter todas as informações necessárias para que o servidor a entenda e execute e todas informações sobre o estado da sessão são mantidas no cliente; e
- Interface Uniforme: enfatiza a generalização e uniformidade da interface dos componentes, simplificando a arquitetura e a melhorando a visualização das interações no sistema.

5.6 FLUXO DO GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO SISTEMA

O fluxo do gerenciamento de resíduos no sistema proposto passa pelas etapas representadas na Figura 21.

Figura 21 – Diagrama de Gerenciamento de Resíduos



Fonte: Do autor, 2018.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O presente trabalho possibilitou a identificação das principais diretrizes técnicas e legais relacionadas à gestão institucional de resíduos.

Também foi possível reunir os requisitos de software e estabelecer o fluxo de trabalho necessários para a gestão e gerenciamento de resíduos, permitindo a identificação dos parâmetros e variáveis envolvidas neste processo.

Este levantamento resultou no projeto de um software online modular para gestão e gerenciamento de resíduos. O projeto contempla a descrição de funcionalidades e módulos capazes de apoiar gestores nas tomadas de decisões que possam levar a não geração, redução, reutilização e reciclagem de resíduos, bem como no cumprimento da legislação pertinente.

Levando em consideração os requisitos levantados no presente estudo, considera-se que, a partir deste projeto, seja possível desenvolver um sistema que seja parametrizável de forma a atender diferentes modelos de gestão e gerenciamento de resíduos.

Quanto aos referenciais técnicos e normativos que foram apresentados, cabe destacar a importância da Lei nº 12.305, de 2010, que estabeleceu a Política Nacional de Resíduos Sólidos, por sua abrangência e relevância no assunto, bem como a norma NBR 10004 da ABNT, que trata da classificação dos resíduos quanto a seus riscos potenciais, sendo este um passo essencial para o correto gerenciamento de resíduos.

O presente projeto pode ser expandido com novos documentos técnicos que auxiliem na descrição e desenvolvimento do software, com a definição de novas funcionalidades ou melhoria das funcionalidades já previstas.

Tendo em vista a importância da classificação de resíduos, é previsto que, para versões futuras, o projeto contemple um módulo destinado a auxiliar os usuários nesta tarefa, usando a NBR 10004 como instrumento balizador.

Por fim, com base nos resultados do presente estudo, futuros trabalhos podem basear-se neste projeto para o desenvolvimento e implantação do software proposto na UFTM ou em instituições com requisitos semelhantes.

7 REFERÊNCIAS

ABNT. NBR 10004 - Resíduos sólidos - Classificação. **Associação Brasileira de Normas Técnicas**, v. 18, n. 2, p. 7–18, 2004.

AL-KHATIB, I. A. et al. Solid waste characterization, quantification and management practices in developing countries. A case study: Nablus district – Palestine. **Journal of Environmental Management**, v. 91, n. 5, p. 1131–1138, 1 maio 2010.

ALI, H. et al. Solid Waste Management and the Willingness To Pay for Improved Services towards Achieving Sustainable Living. **Advances in Natural and Applied Sciences**, v. 6, n. 1, p. 52–60, 2012.

AMBIENTESYS. **SOFTWARE DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS**. Disponível em: <<https://ambiensys.com.br/servicos/gestao-de-residuos-industriais/software-de-gerenciamento-de-residuos/>>.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10.004 - Resíduos sólidos - Classificação. . 2004, p. 7–18.

BECK, U. A política na sociedade de risco. **Revista Idéias**, v. 2, n. 1, p. 230–252, 2010.

BEZERRA, E. **Princípios de Análise e Projeto de Sistema com UML**. 3ª ed. Rio de Janeiro: Elsevier Brasil, 2017.

BORGES, A. F. et al. Análise da gestão ambiental nos Institutos Federais de Educação, Ciência e Tecnologia. **CERNE**, v. 19, n. 2, p. 177–184, jun. 2013.

BRASIL. Lei nº 6.938, de 31 de Agosto de 1981. Política Nacional do Meio Ambiente. **Diário da República, 1ª série - nº 116**, n. Pdr 2020, p. 3901–3902, 1981.

BRASIL. **Constituição Federal de 1988**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/constituicao/constituicaocompilado.htm>.

BRASIL. **Conferência das Nações Unidas sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento: Agenda 21**. Brasília: Câmara dos Deputados, 1995. .

BRASIL. Resolução CONAMA nº 237, de 19 de dezembro de 1997. **Diário Oficial da União**, 1997.

BRASIL. Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998. **Diário Oficial da União**, 1998.

BRASIL. Lei nº 9.795, de 27 de Abril de 1999. . 1999.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 275, de 25 de abril de 2001. **Diário Oficial da União**, 117-

E, de 19 de junho de 2001, Seção 1, p. 80, 2001.

BRASIL. Resolução CONAMA nº 307, de 5 de Julho de 2002 Ministério do Meio Ambiente., 2002. .

BRASIL. Lei nº 10.861, de 14 de abril de 2004. Institui o Sistema Nacional de Avaliação da Educação Superior - SINAES e dá outras providências. **Diário Oficial da União**, p. 3, 2004.

BRASIL. Decreto nº 5.940, de 25 de outubro de 2006. . 2006.

BRASIL. Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS) Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010. . 2010, p. 3–7.

BRASIL. Resolução da Diretoria Colegiada - RDC Nº 222, de 28 de março de 2018. **Regulamenta as Boas Práticas de Gerenciamento dos Resíduos de Serviços de Saúde e dá outras providências.**, 2018.

BRASIL, N. B. R. Resolução CONAMA n. ° 358/2005. **Dispõe sobre o tratamento e a disposição final dos resíduos dos serviços de saúde e dá outras providências. DOU-Diário Oficial da União, de**, v. 29, 2005.

DALL’OGLIO, P. **PHP Programando com Orientação a Objetos 3ª Edição:** . [s.l.] NOVATEC, 2015.

DE CONTO, S. M. Gestão de Resíduos em Universidades. **ROSA DOS VENTOS-Turismo e Hospitalidade**, v. 4, n. 1, 2012.

DE PINHO, D. M. **ECMAScript 6: Entre de cabeça no futuro do JavaScript.** [s.l.] Casa do Código, 2017.

FIELDING, R. T. CHAPTER 5 Representational State Transfer (REST). **Style DeKalb IL**, p. 76–106, 2000.

IRESÍDUOS. **IRESÍDUOS**. Disponível em: <<http://www.iresiduos.com.br>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

JACOBI, P. R. Educação ambiental, cidadania e sustentabilidade. **Cadernos de pesquisa**, n. 118, p. 189–205, 2003.

JACOBI, P. R.; BESEN, G. R. Solid Waste Management in São Paulo: The Challenges of sustainability. **Revista-on line Estudos Avançados**, v. 25, n. 71, p. 135–158, 2011.

JULIATTO, D. L.; CALVO, M. J.; CARDOSO, T. E. Gestão integrada de resíduos sólidos para instituições públicas de ensino superior. **Revista Gestão Universitária na América Latina-GUAL**, v. 4, n. 3, 2011.

KRAEMER, M. E. P. Contabilidade ambiental: relatório para um futuro sustentável, responsável e transparente. **Revista Pensar Contábil**, v. 8, p. 16–citation_lastpage, 2005.

LARAVEL. **Laravel 5.6 Documentation**. Disponível em: <<https://laravel.com/docs/5.6>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

MARDEGAN, Y. M. L. et al. A contribuição de uma unidade de ensino superior para o desenvolvimento sustentável. **Revista Educação Ambiental em Ação. São Paulo**, v. 1, n. 1, p. 1–13, 2002.

MASSUKADO, L. M. Sistema de apoio à decisão: avaliação de cenários de gestão integrada de resíduos sólidos urbanos domiciliares. 2004.

MELO, M. A. O desenvolvimento industrial e o impacto no meio ambiente. **Boletim Jurídico**, n. 952, 2012.

MESQUITA JÚNIOR, J. M. de. Gestão integrada de resíduos sólidos. **Mecanismo de desenvolvimento limpo aplicado a resíduos sólidos.**, 2007.

MONTEIRO, J. H. P. Manual de gerenciamento integrado de resíduos sólidos. 2001.

NAÇÕES UNIDAS. Conferência das Nações Unidas sobre o Meio Ambiente Humano. In: Documento também conhecido como Declaração de Estocolmo. Tradução não oficial. Organização das Nações Unidas, Estocolmo. **Anais...** Estocolmo: Nações Unidas, 1972.

OBE, R. O.; HSU, L. S. **PostgreSQL: Up and Running: A Practical Guide to the Advanced Open Source Database**. [s.l.] O'Reilly Media, 2017.

PALMA, L. C.; ALVES, N. B.; DA SILVA, T. N. Educação para a sustentabilidade: a construção de caminhos no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul (IFRS). **RAM. Revista de Administração Mackenzie**, v. 14, n. 3, 2013.

PAULA, C. A. de P. **Proposta de normatização para a gestão dos resíduos sólidos na universidade federal de lavras**. 2015. UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS, Lavras, MG, 2015.

PHP. **PHP 7.0.0 Released**. Disponível em: <<http://php.net/archive/2015.php#id2015-12-03-1>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

PRESCOTT, P.; TORRES, P. A. F. M. **HTML 5**. [s.l.] Babelcube Incorporated, 2015.

PRESSMAN, R. S. **Software Engineering A Practitioner's Approach**. 7th. ed. New York, NY: McGraw Hill, 2009.

RAGGETT, D.; LE HORS, A.; JACOBS, I. **HTML 4.01 SpecificationW3C**. [s.l: s.n.].

REZENDE, D. A. **Engenharia de Software e Sistemas de Informação**. 3^a ed. Rio de Janeiro: Brasport, 2005.

SCHALCH, V. et al. **Gestão e Gerenciamento de Resíduos Sólidos**. 2002. Universidade de São Paulo, São Carlos, 2002.

SILVA, M. S. **Fundamentos de HTML5 e CSS3**: São Paulo: Novatec Editora, 2015.

TAUCHEN, J.; BRANDLI, L. L. A gestão ambiental em instituições de ensino superior: modelo para implantação em campus universitário. **Gestão & Produção**, v. 13, n. 3, p. 503–515, 2006.

UFTM. **Plano de Gestão de Logística Sustentável - PLS**. Disponível em: <<http://www.uftm.edu.br/proplan/planejamento-e-desenvolvimento/planejamento-estrategico/pls/pls>>. Acesso em: 28 fev. 2018.

UFTM. **Conheça a UFTM**. Disponível em: <<http://www.uftm.edu.br/institucional/conheca-a-uftm>>. Acesso em: 2 jan. 2019.

UNITED NATIONS ENVIRONMENT PROGRAMME. **About UN Environment**. Disponível em: <<https://www.unenvironment.org/about-un-environment/what-we-do>>. Acesso em: 15 mar. 2018.

VG RESÍDUOS. **VG Resíduos - Gestão de Resíduos**. Disponível em: <<https://www.vgresiduos.com.br/gerenciamento-de-residuos/>>. Acesso em: 16 mar. 2018.

W3C. **CSS**. Disponível em: <<https://www.w3.org/Style/CSS/>>. Acesso em: 28 fev. 2018.