

UNIVERSIDADE FEDERAL DO PAMPA

KIMBERLLY DA ROSA MORELES

**SQUADRO-i: UMA PLATAFORMA PARA
O MONITORAMENTO DA
SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS
PRODUTIVOS AGROPECUÁRIOS**

**Bagé
2022**

KIMBERLLY DA ROSA MORELES

**SQUADRO-i: UMA PLATAFORMA PARA
O MONITORAMENTO DA
SUSTENTABILIDADE DE SISTEMAS
PRODUTIVOS AGROPECUÁRIOS**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada como requisito parcial para a obtenção do título de Mestre em Computação Aplicada.

Orientador: Vinícius do Nascimento Lampert
Coorientador: Érico Marcelo Hoff do Amaral

**Bagé
2022**

Ficha catalográfica elaborada automaticamente com os dados fornecidos
pelo(a) autor(a) através do Módulo de Biblioteca do
Sistema GURI (Gestão Unificada de Recursos Institucionais) .

M839s Moreles, Kimberlly da Rosa

SQUADRO-i: Uma plataforma para o monitoramento da
sustentabilidade de sistemas produtivos agropecuários /
Kimberlly da Rosa Moreles.

121 p.

Dissertação(Mestrado)-- Universidade Federal do Pampa,
MESTRADO EM COMPUTAÇÃO APLICADA, 2022.

"Orientação: Vinícius do Nascimento Lampert".

1. Sistema computacional. 2. Medição de desempenho. 3.
Indicadores de sustentabilidade. 4. SQUADRO-i. I. Título.

KIMBERLLY DA ROSA MORELES

SQUADRO-i: Uma plataforma para o monitoramento da sustentabilidade de sistemas produtivos agropecuários.

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Computação Aplicada da Universidade Federal do Pampa, como requisito parcial para obtenção do Título de Mestre em Computação Aplicada.

Dissertação defendida e aprovada em: 14 de setembro de 2022.

Banca examinadora:

Prof. Dr. Vinícius do Nascimento Lampert
Orientador
(Embrapa)

Prof. Dr. Érico Marcelo Hoff do Amaral
(Unipampa)

Prof. Dr. Gustavo Martins da Silva
(Embrapa)

Prof.^a Dr.^a Walkiria Helena Cordenonzi
(IFSul)

Prof. Dr. Cláudio Sonaglio Albano
(Unipampa)



Assinado eletronicamente por **ERICO MARCELO HOFF DO AMARAL, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 22/09/2022, às 20:11, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **CLAUDIO SONAGLIO ALBANO, PROFESSOR DO MAGISTERIO SUPERIOR**, em 23/09/2022, às 08:20, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Walkiria Helena Cordenonzi, Usuário Externo**, em 26/09/2022, às 16:22, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **Vinicius do Nascimento Lampert, Usuário Externo**, em 08/11/2022, às 14:49, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



Assinado eletronicamente por **GUSTAVO MARTINS DA SILVA, Usuário Externo**, em 09/11/2022, às 08:45, conforme horário oficial de Brasília, de acordo com as normativas legais aplicáveis.



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site https://sei.unipampa.edu.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0, informando o código verificador **0935705** e o código CRC **A9FCAA5B**.

AGRADECIMENTO

Agradeço à Deus por ter me dado forças para chegar até aqui porque com a minha própria força eu não teria chegado. Também à minha família e amigos pela compreensão e por estarem ao meu lado nos momentos de dificuldade e felicidade.

Agradeço profundamente ao meu orientador Vinícius do Nascimento Lampert e ao meu coorientador Érico Marcelo Hoff do Amaral por terem me acompanhado e guiado nesta jornada.

À Universidade Federal do Pampa e à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior pelo apoio financeiro.

RESUMO

Para análise e interpretação da sustentabilidade de um determinado sistema popularizou-se o uso de indicadores e através destes pode-se avaliar questões não somente ambientais, como também econômicas, produtivas, sociais, culturais, etc. Neste contexto, percebeu-se que apesar de existirem várias possibilidades de metodologias de avaliação, ainda há uma escassez de ferramentas que se adaptem para o diagnóstico do desenvolvimento sustentável, ou seja, que sejam adaptáveis para outros cenários. O objetivo deste trabalho é propor uma ferramenta computacional que realize a gestão temporal de indicadores de sustentabilidade. Para tal, foram realizadas entrevistas de levantamento de requisitos com o pesquisador responsável pelo desenvolvimento da metodologia SQUADRO que foi concebida pela Embrapa Pecuária Sul e a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater/RS-Ascar) Regional de Ijuí. O modelo da SQUADRO-i é fundamentado na SQUADRO e a plataforma foi desenvolvida para a web utilizando-se o framework PHP Laravel e o PostgreSQL para o banco de dados. Os dois tipos de algoritmos de cálculo de índices construídos na plataforma se mostraram capazes de calcular os índices de indicadores testados até então. A ferramenta além de gerenciar a construção de avaliações com suas devidas dimensões e indicadores, também disponibiliza a coleta de dados e a visualização de informações geradas a partir destas coletas. A plataforma foi testada em quatro aplicações práticas: na pecuária de leite, na pecuária de corte, agricultura familiar e também na avaliação de prioridades da pecuária de corte. Nestas aplicações a ferramenta demonstrou-se cabível de comportar diferentes tipos de indicadores, realizar a comparação temporal de índices e ser aplicável em avaliações de desempenho de outros tipos. Dentre os testes realizados, englobou-se o teste de aceitação que trouxe avaliações positivas em relação à importância da ferramenta em seu contexto e também possíveis melhorias a serem realizadas quanto a sua facilidade de uso. A plataforma mostrou-se prática e eficaz na avaliação de sustentabilidade de sistemas produtivos diversos e também na avaliação de desempenho das prioridades da pecuária de corte. Ainda existem outras possibilidades de melhorias a serem implementadas na plataforma, como, por exemplo, a implementação de uma aplicação móvel para a coleta de dados a campo. Além disso, como forma de auxílio, paralelamente a este projeto desdobrou-se a construção de uma plataforma que disponibilizará dentre outros, um curso de treinamento para a utilização da SQUADRO-i.

Palavras-chave: Sistema computacional. Medição de desempenho. Indicadores de sustentabilidade. SQUADRO-i.

ABSTRACT

In order to analyze and interpret the sustainability of a given system, the use of indicators has become popular and through them, not only environmental issues, but also economic, productive, social, cultural, etc. can be evaluated. In this context, it was noticed that although there are several possibilities of evaluation methodologies, there is still a shortage of tools that adapt to the diagnosis of sustainable development, that is, that are adaptable to other scenarios. The objective of this work is to propose a computational tool that performs the temporal management of sustainability indicators. To this end, requirements gathering interviews were carried out with the researcher responsible for the development of the SQUADRO methodology, which was conceived by Embrapa Pecuária Sul and the Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural (Emater/RS-Ascar) Regional de Ijuí. The SQUADRO-i model is based on SQUADRO and the platform was developed for the web using the PHP Laravel framework and PostgreSQL for the database. The two types of index calculation algorithms built on the platform proved capable of calculating the indexes of indicators tested so far. The tool, in addition to managing the construction of assessments with their appropriate dimensions and indicators, also provides data collection and visualization of information generated from these collections. The platform was tested in four practical applications: in dairy farming, in beef cattle, family farming and also in assessing beef cattle priorities. In these applications, the tool proved to be suitable for supporting different types of indicators, performing the temporal comparison of indices and being applicable in performance evaluations of other types. Among the tests carried out, the acceptance test was included, which brought positive evaluations regarding the importance of the tool in its context and also possible improvements to be made regarding its ease of use. The platform proved to be practical and effective in assessing the sustainability of different production systems and also in evaluating the performance of beef cattle priorities. There are still other possibilities for improvements to be implemented on the platform, such as, for example, the implementation of a mobile application to collect data in the field. In addition, as a form of aid, in parallel with this project, the construction of a platform that will provide, among others, a training course for the use of SQUADRO-i.

Keywords: Computing system, Performance measurement, Sustainability indicators, SQUADRO-i.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1	Agricultura digital presente nas fases de pré-produção, produção e pós-produção.....	19
Figura 2	Proporção da população com acesso a água, saneamento e higiene e crescimento necessário para atingir as metas da Agenda 2030	23
Figura 3	Emissões totais agregadas de gases de efeito estufa de países desenvolvidos e em desenvolvimento (gigatoneladas de CO ₂ equivalente)	24
Figura 4	Prevalência de insegurança alimentar moderada ou grave, médias de 2014 e 2019 (porcentagem)	25
Figura 5	Percentual de utilização das terras nos estabelecimentos classificados como agricultura familiar no Censo Agropecuário de 2017, segundo o tipo de cultivo.....	28
Figura 6	Distribuição percentual de produtores nos estabelecimentos de agricultura familiar no Censo Agropecuário de 2017, segundo as classes de idade.....	29
Figura 7	Árvore de atributos contendo funções utilitárias e opções	32
Figura 8	Ciclo de avaliação do MESMIS.....	33
Figura 9	Relação de dimensões, indicadores e índices de uma avaliação empregando a metodologia SQUADRO	38
Figura 10	Metodologia da pesquisa	44
Figura 11	Etapas da pesquisa	45
Figura 12	Estrutura da avaliação	50
Figura 13	Arquitetura do sistema.....	51
Figura 14	Diagrama de atividade da criação da avaliação na aplicação	52
Figura 15	Diagrama de casos de uso.....	55
Figura 16	Diagrama de classes conceitual da solução	56
Figura 17	Diagrama de objetos do indicador quantitativo simples “POTENCIAL PRODUTIVO”	58
Figura 18	Diagrama de sequência representando o caso de uso “Gerenciar Avaliação/Diagnóstico”	60
Figura 19	Modelo ER do banco de dados	61
Figura 20	Tecnologias adotadas para o desenvolvimento da solução	62
Figura 21	Algoritmo PHP do cálculo do índice da dimensão de uma determinada unidade avaliativa.....	64
Figura 22	Código PHP do cálculo do índice do indicador de uma determinada unidade de avaliação ou unidade avaliativa	65
Figura 23	Algoritmo PHP do cálculo do índice do indicador ascendente	66
Figura 24	Algoritmo PHP do cálculo do índice do indicador descendente	67
Figura 25	SiteMap da estrutura de menu	68
Figura 26	SiteMap da construção de uma avaliação	69
Figura 27	Tela inicial onde são gerenciadas as avaliações.....	70
Figura 28	Tela apresentando a lista de indicadores de uma dimensão.....	71
Figura 29	Tela apresentando o resumo da avaliação e ajustes de ponderação	72
Figura 30	Formulário de coleta de dados gerados na SQUADRO-i	72
Figura 31	Página apresentando a comparação temporal de uma determinada avaliação	73
Figura 32	Comparação temporal na SQUADRO-i.....	75
Figura 33	Indicadores de avaliação da agricultura familiar na produção de tangerina para Matinhas-PB e seus respectivos pesos	78
Figura 34	Gráficos das prioridades do bioma Pampa para a pecuária de corte.....	80

Figura 35 Relatório de teste de segurança gerado pela SonarCloud para a
plataforma SQUADRO-i.....82

LISTA DE TABELAS

Tabela 1	Estrutura do Metodo IDEA	36
Tabela 2	Os 16 objetivos do método IDEA.....	37
Tabela 3	Comparativo dos trabalhos correlatos com as funcionalidades do sistema proposto.....	43
Tabela 4	Principais requisitos funcionais essenciais do sistema e suas respectivas descrições	54
Tabela 5	Conjunto de indicadores para a avaliação da atividade de produtores da pecuária de corte familiar da região do Alto do Camaquã.....	77
Tabela 6	Perguntas aplicadas no formulário de aceitabilidade da plataforma SQUADRO-i	83
Tabela 7	Considerações finais obtidas no formulário de aceitabilidade da plataforma SQUADRO-i para os 3 avaliadores	84

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Problema de pesquisa	15
1.2 Justificativa	15
1.3 Objetivos	16
1.4 Organização do texto	16
2 REFERENCIAL TEÓRICO	18
2.1 Tecnologias e inovações no âmbito rural	18
2.2 Sistemas de apoio à decisão.....	20
2.3 Desenvolvimento sustentável.....	21
2.4 Agronegócio e a agricultura familiar	27
2.5 Metodologias aplicadas na avaliação da sustentabilidade.....	30
2.5.1 DEX	30
2.5.2 MESMIS	32
2.5.3 Método IDEA	35
2.5.4 SQUADRO	37
2.6 Trabalhos correlatos	39
3 METODOLOGIA	44
3.1 Classificação da pesquisa.....	44
3.2 Etapas da pesquisa.....	45
4 PROJETO DA PLATAFORMA SQUADRO-i	49
4.1 Descrição do modelo	49
4.2 Projeto e modelagem do sistema.....	54
4.2.1 Diagrama de casos de uso.....	55
4.2.2 Diagrama de classes conceitual.....	56
4.2.3 Diagrama de objetos	57
4.2.4 Diagrama de sequência.....	59
4.2.5 Modelo entidade-relacionamento (ER)	60
4.3 Tecnologias adotadas	62
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO	64
5.1 Algoritmos de cálculo de índices.....	64
5.2 A plataforma SQUADRO-i.....	67
5.3 Aplicação prática da ferramenta	74
5.3.1 Pecuária de leite: Aplicação da SQUADRO	74
5.3.2 Pecuária de corte: Sistema de avaliação de desempenho em propriedades pecuárias familiares	76
5.3.3 Agricultura: Análise da sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina no município de Matinhas, Paraíba.....	77
5.3.4 Pecuária de corte: Prioridades da pecuária de corte brasileira - 2018/2019..	79
5.4 Testes de software.....	80
5.4.1 Teste funcional.....	81
5.4.2 Teste de segurança	81
5.4.3 Teste de aceitação	82
5.5 Discussões.....	85
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	87
REFERÊNCIAS	89
APÊNDICE A – DOCUMENTO DE REQUISITOS	95

APÊNDICE B – COMPARAÇÃO TEMPORAL GERAL DE 5 UNIDADES DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA SQUADRO EMPREGADAS NA SQUADRO-I	119
---	------------

1 INTRODUÇÃO

A participação expressiva do agronegócio na economia brasileira faz com que esta atividade necessite cada vez mais se adaptar as necessidades de seus consumidores. Nos últimos anos cresceu o interesse por produtos de qualidade cuja produção não agrida o meio ambiente. Bell e Morse (2012) afirmam que a agricultura está constantemente presente em debates com a temática sustentabilidade, segundo eles isto se deve ao fato de esta necessitar de grandes áreas para produção. Para atingir uma produção rendosa e sustentável, o estudo e acesso a novas tecnologias que beneficiem a produção e a conservação ambiental precisam estar sempre em evolução neste cenário.

As preocupações com o meio ambiente já estavam presentes na década de 1970, mas foi somente na década seguinte que o conceito de desenvolvimento sustentável foi consagrado no advento do Relatório de Brundtland (IMPERATIVES, 1987). O desenvolvimento sustentável é o meio de desenvolvimento que busca o equilíbrio entre a utilização dos recursos naturais de uma maneira que supra a necessidade da geração atual, social e economicamente falando, sem comprometer os recursos para as próximas gerações (IMPERATIVES, 1987; BELL; MORSE, 2012; ONU, 2016). Não estando limitado as questões ambientais, este conceito vai além da preservação natural englobando a melhoria na qualidade de vida de uma forma sustentável (BELL; MORSE, 2012).

O principal paradigma encontrado neste contexto é promover boas condições sociais e econômicas para a geração atual sem comprometer as gerações futuras, portanto faz se necessário o monitoramento não somente de fatores ambientais, mas também econômicos e sociais (BELL; MORSE, 2012). Devido a isto, pode haver um impasse quando se é deparada a situação em que a proteção de recursos para a garantia de condições futuras venha a ferir diretamente condições da geração atual, pois seria controverso que o conceito que visa melhorar as condições para as gerações futuras, acabasse por reduzir a qualidade de vida das pessoas no presente.

A sustentabilidade não pode ser medida por uma única variável e não existe um conjunto de variáveis que consiga diagnosticar de forma geral todos os sistemas produtivos, sendo necessário um estudo para analisar quais variáveis expressam melhor o cenário estudado (BELL; MORSE, 2012). Para interpretar a sustentabilidade de um determinado sistema popularizou-se o uso de indicadores e estes são construídos conforme o objetivo da avaliação a ser realizada. Na Agenda 21 (SITARZ, 1993, p. 386) é explicitado a necessidade de se “desenvolver indicadores do desenvolvimento sustentável

que [...] contribuam para uma sustentabilidade autorregulada dos sistemas integrados de meio ambiente e desenvolvimento”, nela também é dito que ainda falta capacidade “para a coleta e avaliação de dados, sua transformação em informação útil e sua divulgação”.

Através do uso de indicadores pode-se avaliar questões não somente ambientais, como também econômicas, produtivas, sociais, culturais, etc (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002; STACHETTI; CAMPANHOLA, 2003; ZAHM et al., 2006; FERREIRA et al., 2012; MELO; CÂNDIDO, 2013; MAYNARD et al., 2020). Na dimensão econômica pode-se avaliar a renda familiar per capita buscando identificar os riscos de êxodo rural, na ambiental avaliar o manejo do solo com vista a identificação de riscos futuros de degradação, na social pode ser avaliada a condição das estradas visando identificar problemas de logística devido a más condições, na dimensão produtiva é possível avaliar a disponibilidade hídrica para identificar se uma deficiência está prejudicando o aumento da produção, entre outros vários exemplos de utilização.

Os indicadores selecionados para a avaliação comumente são organizados em classes categóricas para que assim possa ser analisado não somente a sustentabilidade como um todo mas também os aspectos que a compõem para o sistema avaliado. As diferentes unidades de medidas e diferentes dimensões necessárias para avaliação da sustentabilidade fazem necessário que se utilize um formato único para que assim possam ser comparados. O método mais popular é a utilização de índices de sustentabilidade capazes de identificar potenciais e limitações. Por muitas vezes estas categorias podem ser calculadas com pesos diferentes na composição do índice de sustentabilidade e o mesmo ser aplicado aos indicadores quando se dá o cálculo do índice da sua dimensão.

A tecnologia tem sido utilizada para o aprimoramento dos meios produtivos no agronegócio e tem auxiliado produtores a aumentarem sua eficiência e reduzir seus custos (KUMAR; MENAKADEVI, 2017). Apesar destes avanços ainda há uma escassez de ferramentas de gerenciamento que atendam as necessidades do produtor rural em seu dia a dia e quando existem são de difícil acesso, e quando estão acessíveis por vezes se mostram complexas em sua utilização (LAMPERT et al., 2018).

Em entrevistas realizadas com profissionais da Embrapa (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) pôde observar-se que as ferramentas de diagnóstico da sustentabilidade sofrem com esta mesma problemática. Atualmente elas são criadas de forma específica para atender a uma determinada realidade e geralmente não são aplicáveis ou adaptáveis para outros cenários. Segundo o que foi relatado, muitas destas ferramentas não saem do papel e quando saem, por vezes acabam não atendendo à

necessidade para a qual foram criadas.

1.1 Problema de pesquisa

É possível que a sustentabilidade de sistemas produtivos seja avaliada de forma prática e eficaz por meio de uma ferramenta computacional que possibilite a criação e visualização temporal de indicadores de sustentabilidade para sistemas produtivos diversos?

1.2 Justificativa

Diagnósticos por meio de indicadores de sustentabilidade servem a interesses singulares e para cada classe de interessados há um conjunto diferente de características a serem avaliadas (MARZALL; ALMEIDA, 2000). Para consultores, técnicos e extensionistas rurais as características a serem avaliadas irão diferir, fazendo-se necessária a existência de uma ferramenta na qual eles possam criar os indicadores que melhor definam o tipo de avaliação a ser realizada. Ocorre o mesmo no âmbito da agricultura familiar, onde a diversidade de atividades, condições regionais e também econômicas exigem um formato específico de avaliação.

Além do setor produtivo, o estudo de indicadores de sustentabilidade são necessários em diversas outras áreas, como, por exemplo, na avaliação de serviços que disponibilizam a preparação de refeições, os chamados serviços alimentícios (MAYNARD et al., 2020) e também na compreensão das mudanças climáticas e de como estas afetam a vida das pessoas (BARRY; HOYNE, 2021). Portanto, uma avaliação de sustentabilidade precisa levar em consideração não somente as características do objeto de estudo como também os objetivos dos avaliadores.

Percebeu-se que apesar de existirem várias possibilidades de metodologias de avaliação, ainda há uma escassez de ferramentas que se adaptem para o diagnóstico do desenvolvimento sustentável de sistemas produtivos e apresentem informações relevantes de forma eficaz e não onerosa. As ferramentas disponíveis não são práticas e não são capazes de englobar de maneira geral outros cenários de diagnóstico, sendo, portanto, ferramentas fechadas, sem possibilidade de reutilização.

A velocidade com que se consegue avaliar os diferentes sistemas produtivos define

a velocidade com que serão propostas melhorias nos mesmos, visando não somente o aumento na produção e rendimento, como também o estudo de novas propostas que promovam um uso consciente dos recursos naturais. Facilitar a análise e processamento dos dados é uma maneira de promover um desenvolvimento consciente, levando em consideração os diferentes aspectos que fazem parte do desenvolvimento sustentável.

1.3 Objetivos

O objetivo geral deste trabalho é propor uma ferramenta computacional que realize a gestão temporal de indicadores de sustentabilidade.

Os objetivos específicos são:

- construir algoritmos que possam ser aplicados de forma genérica no cálculo de índice de indicadores e demais índices necessários a uma avaliação;
- implementar uma ferramenta computacional capaz de comparar o diagnóstico de sustentabilidade ao longo do tempo, para que melhorias possam ser identificadas e implementadas;
- validar a ferramenta em estudos com cenários avaliativos distintos para que desta forma seja testada a aplicabilidade de diferentes tipos de indicadores na plataforma.

1.4 Organização do texto

Os próximos capítulos estão organizados da seguinte forma:

- o capítulo 2 apresenta o referencial teórico, abordando tecnologias que são utilizadas no contexto rural, o conceito de sistemas de apoio à decisão, a importância do desenvolvimento sustentável, o papel do agronegócio para a economia brasileira neste contexto, algumas metodologias que são empregadas no diagnóstico de sustentabilidade, e trabalhos relacionados ao aqui proposto;
- o capítulo 3 denota a metodologia, contendo a classificação da pesquisa e as etapas a serem executadas;
- o capítulo 4 relata em detalhes a plataforma SQUADRO-i, descrevendo o modelo aplicado, a projeção e modelagem da mesma, e enunciando as tecnologias utilizadas;

- o capítulo 5 traz os resultados e discussão com relação aos algoritmos desenvolvidos, a plataforma SQUADRO-i e sua aplicação prática, e os testes nela aplicados; e,
- o capítulo 6 apresenta as considerações finais.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Neste capítulo são apresentados assuntos relacionados ao trabalho desenvolvido, sendo inicialmente abordados as tecnologias e inovações empregadas no meio rural e a definição de sistemas de apoio à decisão juntamente com algumas de suas características. Em seguida, o conceito de desenvolvimento sustentável e aspectos de seu monitoramento. A seguir, é apresentada a importância do agronegócio para a economia brasileira e também quanto ao papel que o setor da agricultura familiar, onde a plataforma SQUADRO-i foi testada, desempenha neste contexto. Após são elencadas as principais metodologias de avaliação da sustentabilidade. Por fim, são apresentados os trabalhos correlatos.

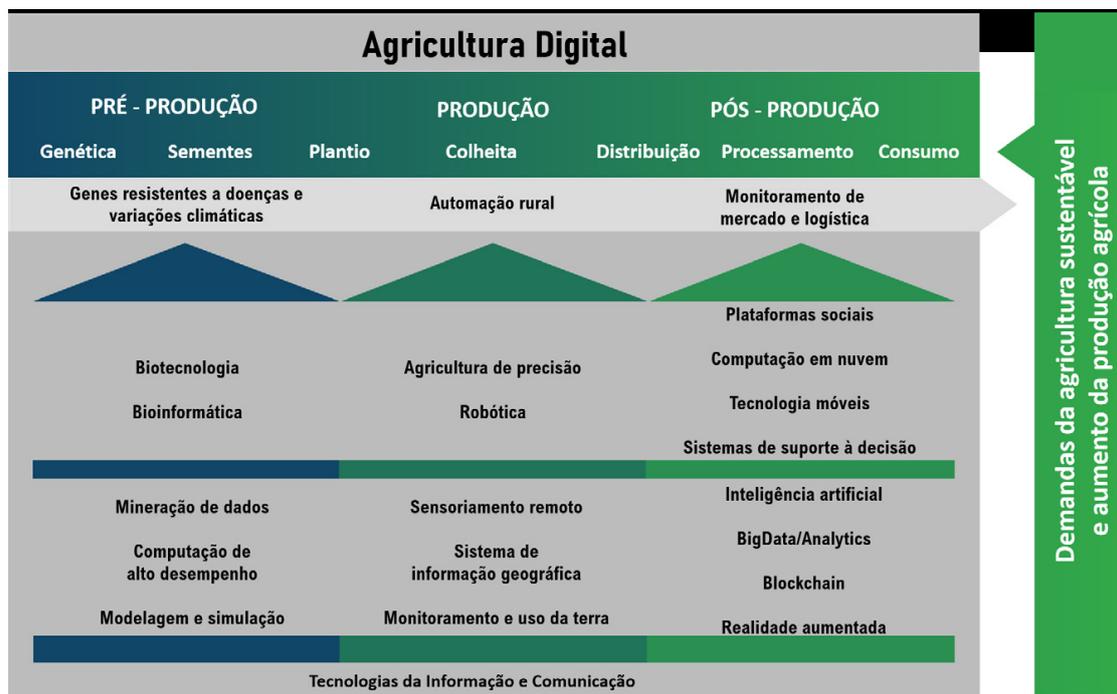
2.1 Tecnologias e inovações no âmbito rural

Segundo Pinto et al. (2020, p. 11), a inclusão de novas tecnologias e inovações no meio rural foram primordiais para que o Brasil passasse de importador para exportador de alimentos, ocupando assim “posições estratégicas no mercado mundial para diferentes produtos agrícolas”. Para que a capacidade de produção brasileira seja ampliada de forma sustentável faz-se necessário que a produção convirja para a agricultura digital (MASSRUHÁ et al., 2020), pois as tecnologias de informação e comunicação (TIC) possuem potencial de contribuir para o desenvolvimento sustentável na agricultura à longo prazo (LINDBLÖM et al., 2017).

Para Massruhá et al. (2020) as TIC podem ser empregadas na fase de pré-produção, produção e pós-produção. Segundo eles, na primeira podem ser utilizadas tecnologias de mineração de dados, computação de alto desempenho e modelagem e simulação, junto à biotecnologia e a bioinformática (Figura 1).

Já na fase de produção Massruhá et al. (2020) citam tecnologias como sensoriamento remoto, onde é possível tomar ações adequadas conforme o que é percebido pelos sensores; sistemas de informação geográfica, com a possibilidade de se criar o modelo digital de uma propriedade; e, monitoramento do uso da terra, que pode ser auxiliado por dados geoespaciais para tal (SOUZA et al., 2020). Um exemplo de estudo utilizando-se destas tecnologias foi conduzido por Bolfe (2019), onde se realizou o monitoramento do desenvolvimento sustentável na agricultura por meio de tecnologias de sensoriamento e geoespacialização. Apesar de ser uma opção bastante precisa este tipo

Figura 1 – Agricultura digital presente nas fases de pré-produção, produção e pós-produção



Fonte: Massruhá et al. (2020).

de monitoramento não abrange aspectos sociais ou culturais, se fazendo ainda necessário a comunicação entre produtores e técnicos.

Por fim, na fase de pós-produção, Massruhá et al. (2020) apresentam os sistemas de predição, os sistemas avançados de monitoramento e controle, e os sistemas de rastreabilidade como algumas das tecnologias cabíveis de serem utilizadas (Figura 1). Souza et al. (2020) afirmam que via *blockchain*, sistemas de rastreabilidade fornecem informações da cadeia produtiva, ou até mesmo de processos agroindustriais, de forma segura e distribuída. Foi sobre a *blockchain* que se formou a criptomoeda bitcoin e segundo Souza et al. (2020, p. 62), *blockchain* é “um tipo de banco de dados distribuído cujo modelo de armazenamento permite a guarda de registros de modo permanente e inviolável.”

Para Lindblom et al. (2017) as TIC estão cada vez mais presentes no cotidiano, se fazendo necessário que as mesmas integrem aspectos sustentáveis em sua aplicação. Segundo eles, um importante componente mediador neste contexto são as TIC de suporte à decisão, os chamados sistemas de apoio à decisão.

2.2 Sistemas de apoio à decisão

Um sistema de apoio à decisão (SAD) é definido por Turban et al. (2006) como uma metodologia

[...] for supporting decision-making. It uses an interactive, flexible, adaptable CBIS [computer-based information system] especially developed for supporting the solution to a specific nonstructured management problem. It uses data, provides an easy user interface, and can incorporate the decision-maker's own insights¹. (TURBAN et al., 2006, p. 105)

Segundo Turban et al. (2006), uma aplicação SAD pode ser composta pelos seguintes subsistemas: *Data-management subsystem*, *Model management subsystem*, *User interface subsystem* e *Knowledge-based management subsystem*. Eles ainda afirmam que existem diversas classificações possíveis para uma aplicação SAD, entre as citadas por eles estão:

- SAD orientado à texto - os dados e informações são armazenados em formato textual, mantendo um controle sobre possíveis textos a serem utilizados no processo de tomada de decisão, podendo haver a criação, revisão e visualização de documentos.
- SAD orientado à banco de dados - os dados são armazenados em bancos de dados. Neste tipo de organização existe a presença de recursos robustos para consulta e construção de relatórios.
- SAD orientado à planilhas - por meio das planilhas o modelo do SAD pode ser construído conforme a necessidade do usuário. Também há a possibilidade de utilização das macros para a criação de instruções personalizadas.
- SAD orientado à solução - um algoritmo incorporado para a resolução de um problema específico em um sistema.
- SAD orientado à regras - onde há a utilização de regras qualitativas e/ou quantitativas, podendo ser por meio de um algoritmo.

Arnott e Pervan (2008) afirmam que a essência de um SAD é apresentar um sistema capaz de dar suporte ao processo de tomada de decisão e que as decisões tomadas com base neste tipo de ferramenta pode trazer impactos significantes no desempenho do empreendimento. A utilização de uma metodologia que não substitui, mas auxilia

¹para apoiar a tomada de decisão. Ele usa um CBIS [sistema de informação baseado em computador] interativo, flexível e adaptável especialmente desenvolvido para apoiar a solução de um problema específico de gestão não estruturada. Ele usa dados, fornece uma interface de usuário fácil e pode incorporar as próprias percepções do tomador de decisão. (Tradução nossa)

o homem na tomada de decisão é capaz de levar em consideração não somente as informações geradas pelo sistema como também a experiência do responsável pela decisão. A utilização de um SAD adequado permite a utilização de informações pertinentes na tomada de decisão sem excluir o conhecimento tácito para tal.

Todavia, um SAD precisa ser enxuto em suas funções. O excesso de funcionalidades e informações pode tornar o uso do sistema oneroso e levar ao abandono do mesmo. Chan et al. (2017, p. 945) afirmam que o excesso de funcionalidades “may simply be uninteresting for users, particularly those that are performed repetitively, resulting in low task motivation”². Portanto, um SAD precisa conter somente as funcionalidades necessárias apresentadas de forma que a utilização do sistema não se torne um percalço.

No âmbito da agricultura os SADs possuem capacidades promissoras de promoção do desenvolvimento sustentável quando construídos com a necessidade do produtor em foco. Um dos aspectos fundamentais é que o sistema seja adaptável às necessidades e que não despreze o contexto e o conhecimento tácito no processo decisório.

A baixa aceitabilidade de um SAD no contexto agropecuário também ocorre das causas mencionadas anteriormente, construindo um sistema que não leva em consideração as reais necessidades e o conhecimento tácito de quem o vai utilizar. Porém, Lindblom et al. (2017) ressalta a importância do usuário final participar da construção do mesmo como um fator de sucesso. A SQUADRO-i tem a proposta de integrar o usuário na construção da estrutura de informações que lhe serão necessárias, tornando assim o seu uso flexível e adaptável.

2.3 Desenvolvimento sustentável

O desenvolvimento sustentável é definido no Relatório de Brundtland (IMPERATIVES, 1987, p. 41) como “development that meets the needs of the present without compromising the ability of future generations to meet their own needs”³. Este conceito vai então de encontro a capacidade de evolução dos meios de produção sem que estes promovam a incapacidade de renovação o que pode ser corroborado quando no Relatório (IMPERATIVES, 1987, p. 43) é dito que o desenvolvimento sustentável “is a

²pode simplesmente ser desinteressante para os usuários, especialmente aqueles que são executados repetidamente, resultando em baixa motivação para a tarefa. (Tradução nossa)

³desenvolvimento que vai de encontro às necessidades presentes sem comprometer a habilidade das futuras gerações de irem em encontro às próprias necessidades (Tradução nossa).

process of change in which the exploitation of resources, the direction of investments, the orientation of technological development; and institutional change are all in harmony and enhance both current and future potential to meet human needs and aspirations”⁴.

O conceito de sustentabilidade faz referência a capacidade de utilização de recursos renováveis de tal forma que seja possível a estes se manterem disponíveis, é o uso limitado o suficiente para que o recurso não se perca ou venha a escassear. Estes limites estão diretamente relacionados ao contexto, não sendo possível ser aplicado um conjunto de regras gerais capazes de realizar a avaliação, e sim regras adequadas ao contexto regional, temporal e a atividade analisada.

O desenvolvimento sustentável engloba diferentes âmbitos, não sendo um conceito limitado a questões ambientais e econômicas, indo além e englobando aspectos sociais e humanísticos de bem-estar social e condições básicas de vida. Quando se leva o desenvolvimento sustentável em consideração, não basta o indivíduo viver em um lugar economicamente desenvolvido, ele deve ter acesso a condições mínimas de saúde, alimentação, moradia, igualdade racial e de gênero, energia elétrica, acesso à tecnologia, entre outros que garantam uma vida digna (IMPERATIVES, 1987). O desenvolvimento sustentável implica em um crescimento econômico livre de exploração e um crescimento produtivo com garantia de condições básicas, sendo ambos essenciais para o suprimento das necessidades da população.

Em “The Future We Want” (RIO+20, 2012), o documento da Conferência Rio +20, é novamente mencionada a importância de se englobar questões econômicas, ambientais e sociais, sendo as pessoas consideradas o centro do desenvolvimento sustentável “and in this regard we strive for a world that is just, equitable and inclusive, and we commit to work together to promote sustained and inclusive economic growth, social development and environmental protection and thereby to benefit all”⁵(RIO+20, 2012, p. 2). Outro documento de importância no assunto é a Agenda 2030 (ONU, 2016), onde além de se encontrar os 17 Objetivos de Desenvolvimento Sustentável divididos em 169 metas, também são explicitadas preocupações e meios para o seu alcance. Dentre eles é apresentada a utilização de indicadores como ferramenta de avaliação, sendo estes já utilizados como forma de avaliação em objetivos passados e também a preocupação com

⁴é um processo de mudança na qual a exploração de recursos, o direcionamento de investimentos, a orientação de desenvolvimento tecnológico; e mudanças institucionais encontram-se em harmonia e promovem tanto o atual quanto o futuro potencial de alcance de necessidades humanas e aspirações (Tradução nossa).

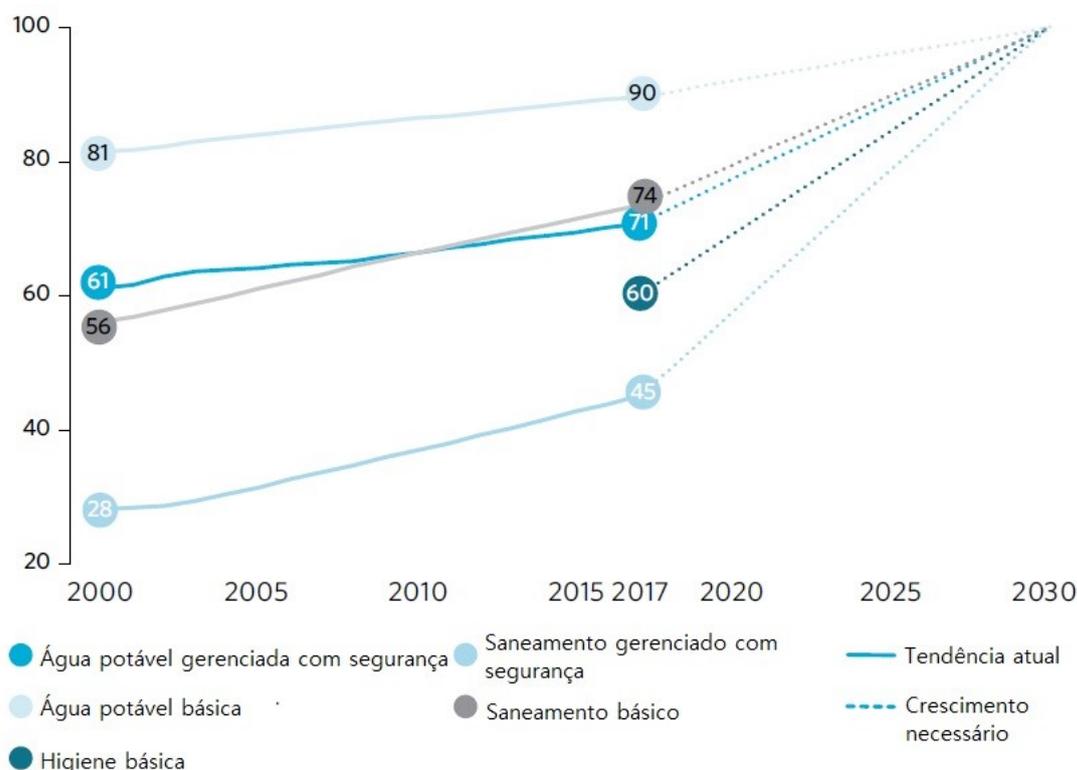
⁵e neste sentido nós nos empenhamos por um mundo que é justo, equitativo e inclusivo, e nos comprometemos a trabalhar juntos para promover o crescimento econômico sustentável e inclusivo, o desenvolvimento social e a proteção ambiental e, assim, beneficiar todos (Tradução nossa).

a agricultura sustentável quando no parágrafo 24 é firmado o compromisso de

[...] dedicar recursos para o desenvolvimento das zonas rurais e à agricultura sustentável e à pesca, apoiando os agricultores familiares, especialmente mulheres agricultoras, criadores de animais e pescadores nos países em desenvolvimento, particularmente nos países menos desenvolvidos (ONU, 2016, p. 9).

O Relatório 2020 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UN, 2020) trouxe um panorama geral sobre a situação de andamento das metas propostas na Agenda 2030 e como a pandemia do novo coronavírus (COVID-19) piorou algumas das metas estabelecidas. Segundo este relatório (UN, 2020), em 2017, 2,2 milhões de pessoas no mundo não possuíam acesso seguro a água potável e destes 785 milhões sequer tinham acesso à água potável. A Figura 2 apresenta a proporção da população com acesso a serviços básicos e seguros de água, saneamento e higiene no período entre os anos 2000 e 2017 e o crescimento necessário para que a meta proposta na Agenda 2030 seja atingida.

Figura 2 – Proporção da população com acesso a água, saneamento e higiene e crescimento necessário para atingir as metas da Agenda 2030

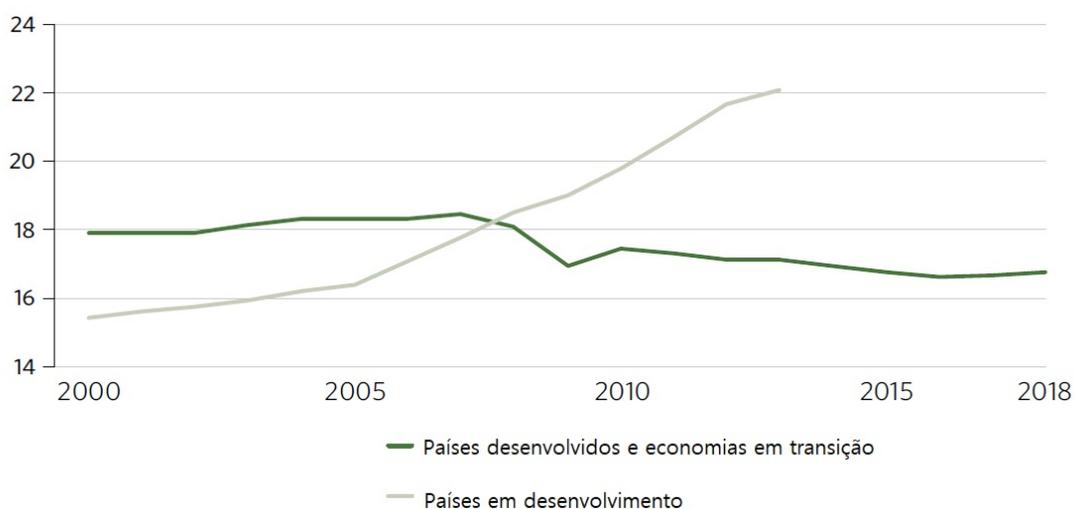


Fonte: Traduzido de UN (2020)

Ainda no Relatório 2020 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UN, 2020) é dito que o Acordo de Paris prevê a necessidade de limitação do aquecimento global em 1,5°C, sendo para tal necessária uma queda de 45% nas emissões globais

de gases de efeito estufa entre 2010 e 2030 e uma queda continuada até 2050 para que as emissões sejam zeradas. Segundo eles, apesar da emissão de gases de países desenvolvidos e economias em transição terem diminuído 6,5% entre 2000 e 2008, os países em desenvolvimento aumentaram, no período entre os anos 2000 e 2013, em 43,2% as suas emissões (Figura 3), seguindo desta forma o caminho inverso para o alcance desta meta (UN, 2020).

Figura 3 – Emissões totais agregadas de gases de efeito estufa de países desenvolvidos e em desenvolvimento (gigatoneladas de CO_2 equivalente)



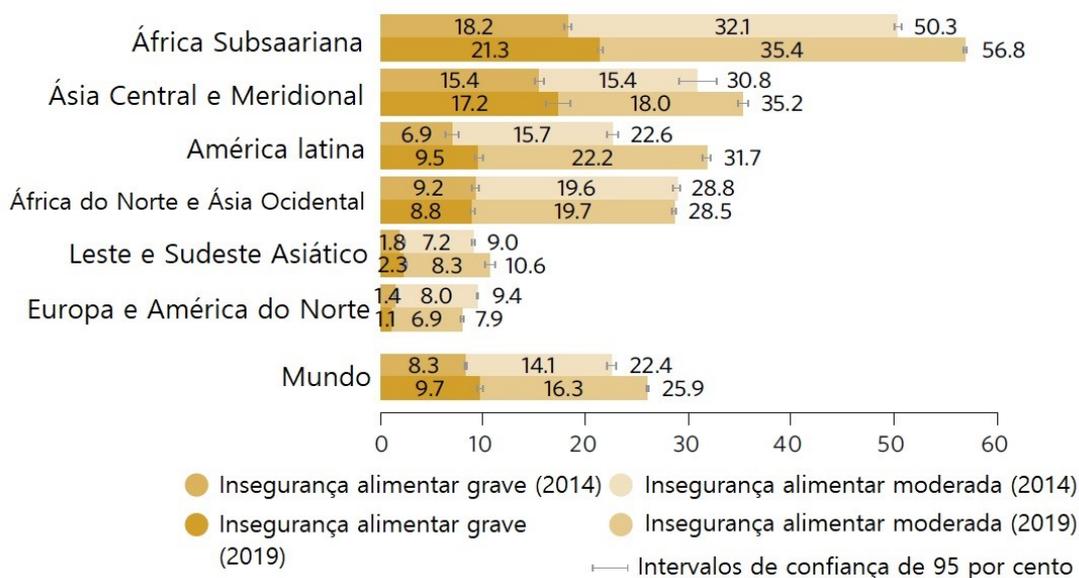
Fonte: Traduzido de UN (2020)

Dentre outras diversas metas constantes no Relatório 2020 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (UN, 2020), vale ressaltar a meta referente a insegurança alimentar. Segundo ele, a insegurança alimentar severa atinge cerca de 750 milhões de pessoas no mundo e estas podem chegar a ficar vários dias sem comer. Para UN (2020, p. 26), faz-se necessário que os países tomem ação imediata “to keep trade flowing, to strengthen food supply chains and to increase agricultural production”⁶. Na Figura 4 se encontra o comparativo da insegurança alimentar moderada e severa para os anos de 2014 e 2019. Esta é uma das metas que denotam a importância de uma produção agrícola fundada nos preceitos do desenvolvimento sustentável, porém nos dados do objetivo 12 é mencionada a necessidade de se reduzir a perda e o desperdício de alimentos.

Como dito anteriormente, na Agenda 2030 (ONU, 2016) os indicadores são empregados na avaliação das metas contidas em seus objetivos de sustentabilidade. Moura, Almeida e Miguel (2004, p. 2) definiram indicador em seus estudos como

⁶manter o fluxo do comércio, fortalecer as cadeias de abastecimento de alimentos e aumentar a produção agrícola. (Tradução nossa)

Figura 4 – Prevalência de insegurança alimentar moderada ou grave, médias de 2014 e 2019 (porcentagem)



Fonte: Traduzido de UN (2020)

“um conjunto de parâmetros que permita medir as modificações antrópicas em um determinado sistema e comunicar, de forma simplificada, o estado deste sistema em relação aos critérios e as metas estabelecidas para avaliar a sua sustentabilidade.” Seguindo esta mesma linha, Deponti, Eckert e Azambuja (2002, p. 44) afirmaram que indicadores são “instrumentos que permitem mensurar as modificações nas características de um sistema - e que permitem avaliar a sustentabilidade dos diferentes sistemas.” Joung et al. (2013, p. 150) definiu indicador “as a measure or an aggregation of measures from which conclusions on the phenomenon of interest can be inferred”⁷. Indicadores então são uma forma de mensurar ou indicar o estado do objeto, ou situação estudada. A partir do resultado encontrado em um indicador, se é capaz de identificar a necessidade de mudança na condução de estratégias de desenvolvimento sustentável e também avaliar comparativamente determinado indicador com outros relacionados. Isto porque é recomendada uma abordagem holística para o diagnóstico do desenvolvimento sustentável (RIO+20, 2012), onde um conjunto de indicadores irá avaliar determinada dimensão e um conjunto de dimensões avaliar o sistema como um todo.

A utilização de índices é uma forma de medida que pode ser empregada para este diagnóstico e segundo Ness et al. (2007, p. 499-501), quando indicadores “are aggregated in some manner, the resulting measure is an index. [...] Indicators and indices, which are

⁷como medida ou agregação de medidas a partir das quais se podem inferir conclusões sobre o fenômeno de interesse. (Tradução nossa)

continuously measured and calculated allow for the tracking of longer-term sustainability trends from a retrospective point of view”⁸. Índices de sustentabilidade disponibilizam a comparação entre sistemas de diferentes produtores ou até mesmo lugares, por meio deles somos capazes de diagnosticar quais atributos são os mais deficientes e onde há a necessidade de maior investimento (NEGRA et al., 2020). A utilização de índices na avaliação de indicadores serve para normalizar variáveis de diferentes naturezas que necessitam ser comparadas entre si (BELL; MORSE, 2012), servindo então para realizar comparações entre variáveis dentro de um sistema ou comparar um sistema a outro. Desta forma se é capaz de comparar sistemas a níveis regionais e também se realizar seu diagnóstico a longo prazo.

Ao se estabelecer uma visão clara do objetivo de avaliação, a escolha dos indicadores vai depender muito do público-alvo, gestores buscam saber como empreender melhor políticas públicas, pesquisadores buscam caracterizar e estudar os indicadores mais relevantes, além de encontrar maneiras de facilitar a leitura e determinação dos mesmos, ou seja, para cada classe de interessados, difere-se o conjunto de detalhes a serem avaliados nos indicadores (MARZALL; ALMEIDA, 2000). Também é importante que os indicadores sejam adaptáveis para as especificidades de cada região, isto porque os indicadores de sustentabilidade podem se tornar insustentáveis, ou seja, a longo prazo podem se tornar obsoletos, não atendendo o propósito para o qual foram criados (FECHINE; MORAES, 2014; BELL; MORSE, 2012). Eles também necessitam receber atenção quanto a manutenção de seus dados atualizados, o que ainda é um problema devido à fragilidade técnico operacional e econômica que ainda são presentes em algumas localidades (FECHINE; MORAES, 2014).

Para que os indicadores presentes na Agenda 2030 tenham suas metas alcançadas, o emprego da agricultura sustentável é um ponto-chave, isso se deve ao fato do agronegócio necessitar de grandes áreas e de um alto contingente de produtores e trabalhadores, além de ser um setor de alta relevância tanto para o desenvolvimento econômico, quanto para o desenvolvimento social da população (PEDROZA et al., 2018).

⁸são agregados de alguma maneira, a medida resultante é um índice. [...] Indicadores e índices, que são continuamente medidos e calculados, permitem rastrear tendências de sustentabilidade de longo prazo de um ponto de vista retrospectivo. (Tradução nossa)

2.4 Agronegócio e a agricultura familiar

O agronegócio engloba as atividades que compreendem toda a cadeia de operações envolvidas no alcance do produto final, que vai desde a produção de insumos até a comercialização do produto ao consumidor final (OLIVEIRA; CARRARO, 2019). Esta atividade também esteve diretamente envolvida na superação de déficits comerciais no Brasil logo após a implantação do Plano Real (BARROS; SILVA, 2008) e também na superação de déficits advindos da crise internacional de 2008 (CENCI; PARRA, 2018). Segundo Oliveira e Carraro (2019, p. 24050) este setor é “estratégico para a economia nacional, representando algo em torno de 20% do PIB [Produto Interno Bruto] brasileiro”, sendo também uma atividade que garante que o PIB não regreda a níveis desconfortáveis economicamente.

O modelo de exportação do agronegócio foi estabelecido em 1970, porém nos anos 1980 houve uma queda nas exportações devido à recessão e ao alto valor da moeda nacional, tornando a crescer nos anos 1990, período em que ocorreu a implementação de políticas que geraram crescimento nas condições de mercado e no rendimento, dentre os principais produtos exportados nessa época encontram-se a soja, o café e a carne (JANK et al., 1999). No entanto, houve uma queda na participação do agronegócio no PIB quando comparadas a sua participação do ano de 1996 com 31,9%, com o ano de 2017 com sua representação em 21,6% (OLIVEIRA; CARRARO, 2019). Este fato já havia sido observado por Barros e Silva (2008) onde eles afirmam que

[...] alguns estudos têm demonstrado que a produtividade já não vem crescendo ao mesmo ritmo da década passada, seja pela queda da rentabilidade da agropecuária (que contém a adoção de tecnologia), seja pela redução dos investimentos em ciência e desenvolvimento (que contém o fluxo de novas tecnologias) (BARROS; SILVA, 2008, p. 933).

Segundo IBGE (2021), o PIB brasileiro em 2020 teve um recuo de 4,1% com relação ao ano de 2019. Já a agropecuária teve ganho de produtividade na agricultura, o que fez esta suplantar o desempenho das atividades de pecuária e pesca que possuíram um desempenho fraco. As atividades citadas como destaque na produção agrícola são a soja e o café, que alcançaram recordes de produção no ano de 2020. Em contrapartida, no estudo são citadas as lavouras de laranja e fumo com registro de variação negativa.

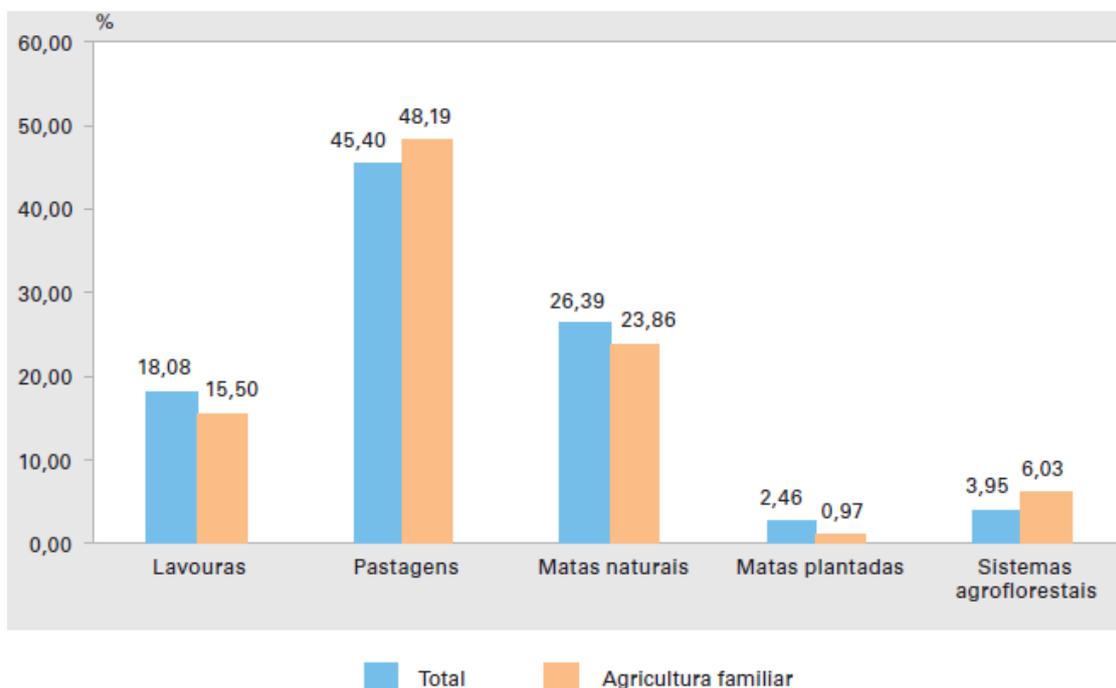
Entre 1995 e 2005 um terço da produção do agronegócio estava condicionada à agricultura familiar e em 2005 este setor foi responsável por 9% do PIB com valor equivalente a R\$174 bilhões (GUILHOTO et al., 2011). A agricultura familiar é regulamentada pela Lei nº 11.326/2006 que considera os seguintes parâmetros para quem

pratica atividades no meio rural serem enquadrados nesta classificação:

I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais; II - utilize predominantemente mão de obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento; III - tenha percentual mínimo da renda familiar originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento, na forma definida pelo Poder Executivo; (Redação dada pela Lei nº 12.512, de 2011) IV - dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família. (BRASIL, 2006)

No Censo Agropecuário 2017, 77% dos estabelecimentos rurais foram classificados como correspondentes a agricultura familiar, com ocupação de 23% da área total dos estabelecimentos agropecuários e correspondendo a 23% do valor total da produção de todos os estabelecimentos agropecuários do país (IBGE, 2019). O aproveitamento desta área pode ser observado na Figura 5. O segmento familiar possui variedade de atividades e apresentam uma importância não somente econômica como também social e cultural.

Figura 5 – Percentual de utilização das terras nos estabelecimentos classificados como agricultura familiar no Censo Agropecuário de 2017, segundo o tipo de cultivo

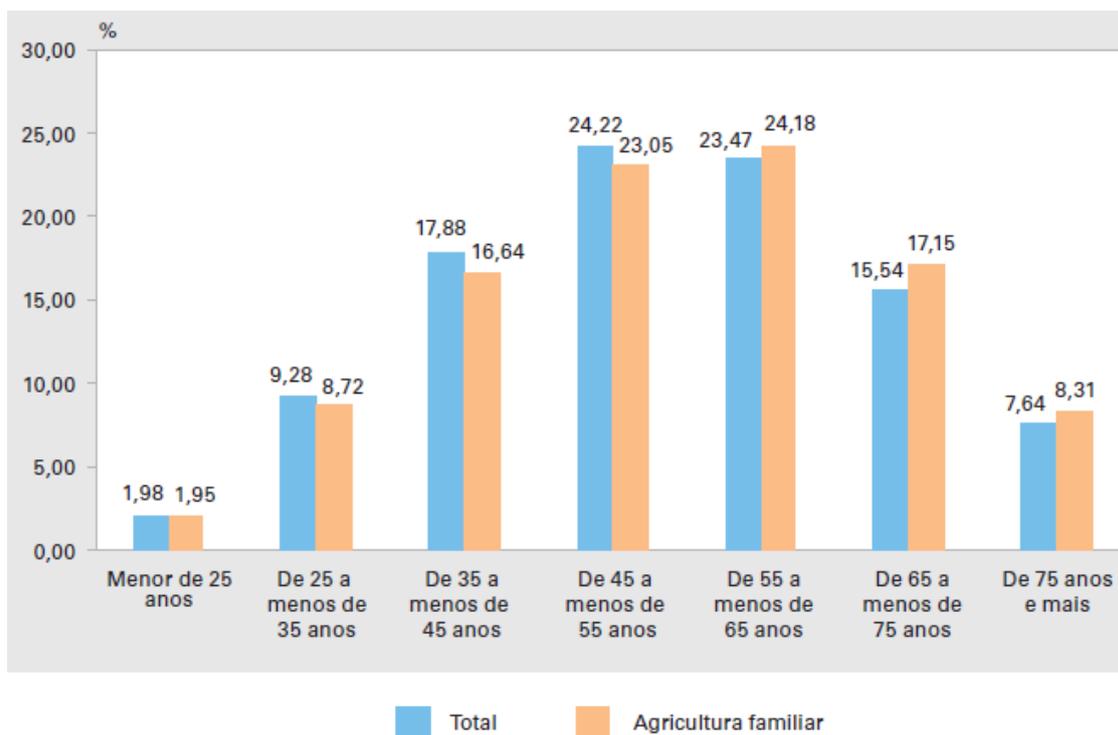


Fonte: IBGE (2019)

Dentre os questionamentos levantados ao se realizar um comparativo entre os dados do Censo Agropecuário 2006 e os dados do Censo Agropecuário 2017, DelGrossi e Balsadi (2020) afirmaram que o envelhecimento dos responsáveis pelos estabelecimentos rurais denota um possível problema de sucessão familiar no futuro. Na Figura 6 com dados do Censo Agropecuário 2017, observa-se que a problemática está presente tanto nos

estabelecimentos rurais no geral quanto nos estabelecimentos rurais caracterizados pela agricultura familiar, havendo, portanto, a necessidade de se estudar as possíveis causas para que políticas públicas adequadas possam vir a ser empregadas neste contexto.

Figura 6 – Distribuição percentual de produtores nos estabelecimentos de agricultura familiar no Censo Agropecuário de 2017, segundo as classes de idade



Fonte: IBGE (2019)

A parcela de contribuição da agricultura familiar denota importância da mesma no segmento do agronegócio e devido às suas características heterogêneas necessita de direcionamento de políticas públicas específicas ao seu perfil. É necessária a garantia de que estes trabalhadores estão recebendo a atenção correta de políticas públicas e possuam condições adequadas de vida e de condução da sua produção.

Segundo Guilhoto et al. (2011, p. 14), o “grande número de unidades de produção rural diverge em termos de tamanho, capital e tecnologia, o que torna diferentes as prioridades individuais”. Eles ainda mencionam que existe a necessidade de um melhor direcionamento de políticas públicas com base em seu perfil, sendo assim possível a promoção de melhorias capazes de fazer este segmento alcançar a sustentabilidade. Para Pietro e Moreira (2021, p. 211) a agricultura familiar é um modelo de desenvolvimento sustentável, mas ainda existe na atividade uma deficiência financeira que segundo eles se agrava devido a “dificuldade de acesso à tecnologia e à modernização dos meios de

produção”.

Para que estas famílias sejam assistidas, possuam o acesso adequado às políticas públicas e estejam se desenvolvendo sustentavelmente é necessário que estas sejam diagnosticadas conforme suas necessidades individuais e também regionais. Ao longo dos anos diversas técnicas e metodologias foram desenvolvidas para o diagnóstico do desenvolvimento sustentável, algumas destas são aplicadas no âmbito da agricultura familiar.

2.5 Metodologias aplicadas na avaliação da sustentabilidade

O alcance da sustentabilidade varia conforme o cenário. Territorialmente existem muitas questões políticas e de fronteiras que precisam ser levadas em consideração, já temporalmente a sustentabilidade necessita de cuidados em relação ao período de tempo analisado (BELL; MORSE, 2012). Além disso, a sustentabilidade só pode ser avaliada em um comparativo, seja comparação temporal da aplicação de um mesmo manejo, seja comparação de um manejo principal com um alternativo (LÓPEZ-RIDAURA; MASERA; ASTIER, 2002).

Existem diversas metodologias de avaliação e representação de informações referentes à sustentabilidade, algumas com o enfoque na disponibilização de informações específicas de determinado ramo, outras visando trazer informações claras para não especialistas na área. Em ecossistemas a presença de determinadas espécies pode ser usada para definir o nível de sustentabilidade do mesmo, isto devido à sensibilidade que estas espécies possuem quanto a mudanças no ambiente (BELL; MORSE, 2012), em outros cenários se faz necessário uma avaliação específica levando em consideração as características inerentes do sistema.

Nas próximas subseções são abordadas algumas das metodologias e métodos aplicáveis à avaliação do nível de sustentabilidade de sistemas produtivos.

2.5.1 DEX

DEX é a abreviação de Decision EXpert e é uma metodologia que combina o paradigma de tomada de decisão multiatributo com o conceito de *Expert Systems*, sendo a primeira uma técnica de apoio à decisão e a segunda uma classe de sistemas

considerados especialistas em determinado assunto (BOHANEK; RAJKOVIC, 1990). Segundo Bohanec e Rajkovic (1990, p. 6)

DEX is an interactive expert system shell implemented for the IBM PC/XT/AT/PS computers and true compatibles. It consists of two parts: (1) knowledge base building tools and (2) tools for the evaluation and analysis of options⁹.

A metodologia foi concebida em 3 gerações: DECMAC, DEX e DEXi. Em 1980 ela foi chamada DECMAC, mas nos anos 1990, ao ser implementada como um *Expert Systems*, passou a ser chamada DEX (BOHANEK et al., 2013). Nos anos 2000, o marco da metodologia foi a construção da ferramenta DEXi, que trouxe uma interface amigável para as tarefas complexas de tomada de decisão (BOHANEK et al., 2013). Seus atributos são do tipo qualitativo e as funções são definidas pelo que se chama *elementary decision rules*, uma abordagem que utiliza um conjunto de regras ao invés de fórmulas (BOHANEK; RAJKOVIC, 1990). Posteriormente foram apresentadas extensões da metodologia para introduzir atributos quantitativos, agregação probabilística e difusa de valores, e modelos relacionais (TRDIN; BOHANEK, 2018).

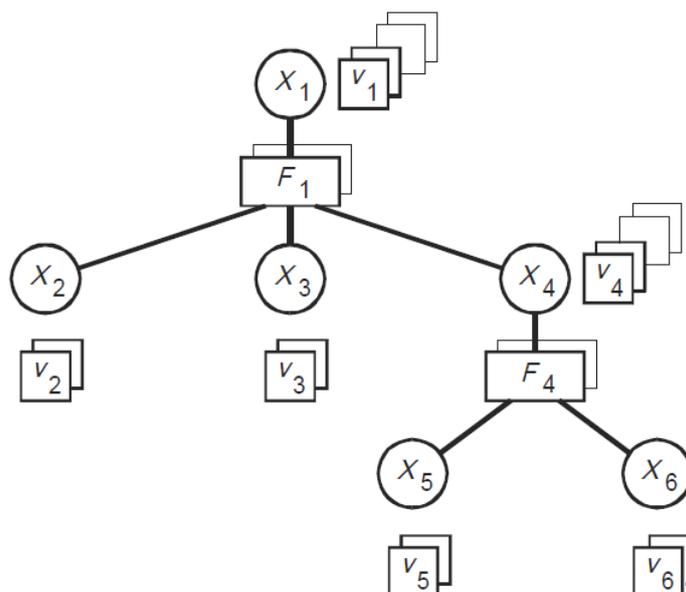
Pode ser utilizado na avaliação de tecnologias, performance de empresas, dentre outros que envolvam a tomada de decisão como os agroecossistemas (BOHANEK; RAJKOVIC, 1990). Neste contexto, já foi aplicada em diversos diagnósticos de sustentabilidade baseados nas três dimensões básicas: ambiental, social e econômica (REZAEI; BARMAKI; VEISI, 2018)

Os atributos da metodologia são organizados de forma hierárquica gerando a chamada árvore de atributos (BOHANEK; RAJKOVIC, 1990). Ela representa a estrutura da solução e os níveis mais altos são dependentes dos abaixo, sendo a raiz da árvore o atributo mais importante (BOHANEK; RAJKOVIC, 1990). Estes últimos são os atributos sem nó pai e geralmente há apenas um atributo desse tipo no modelo, porém não é impossível a utilização de mais de um atributo raiz (TRDIN; BOHANEK, 2018). A avaliação acontece dos atributos mais baixos, subindo os níveis até chegar no atributo raiz, ou atributos raízes em caso da avaliação possuir mais de um (TRDIN; BOHANEK, 2018). As folhas da árvore são chamados atributos básicos possuindo um conjunto de opções atribuídas a elas e os atributos internos são chamados atributos agregados, estes possuindo sempre funções utilitárias (*elementary decision rules*) para fazer a relação entre os nós filhos e os nós pais (quando há diferentes grupos com diferentes objetivos envolvidos

⁹DEX é um shell de sistema especialista interativo implementado para os computadores IBM PC/XT/AT/PS e compatíveis. Ele consiste em duas partes: (1) ferramentas de construção de base de conhecimento e (2) ferramentas para avaliação e análise de opções. (Tradução nossa)

cada grupo pode criar seu próprio conjunto de funções) (BOHANEC; RAJKOVIC, 1990). Na Figura 7 é apresentada a estrutura da metodologia representada por uma árvore de atributos contendo funções utilitárias (F) e opções (v), nela os atributos são representados por X. Nesta árvore é representada a possibilidade de utilização de mais de uma função utilitária (F), neste caso os atributos agregados possuem duas funções.

Figura 7 – Árvore de atributos contendo funções utilitárias e opções



Fonte: Bohanec e Rajkovic (1990)

Na seção 2.6 é apresentado um exemplo de aplicação da metodologia com utilização do DEXi Software.

2.5.2 MESMIS

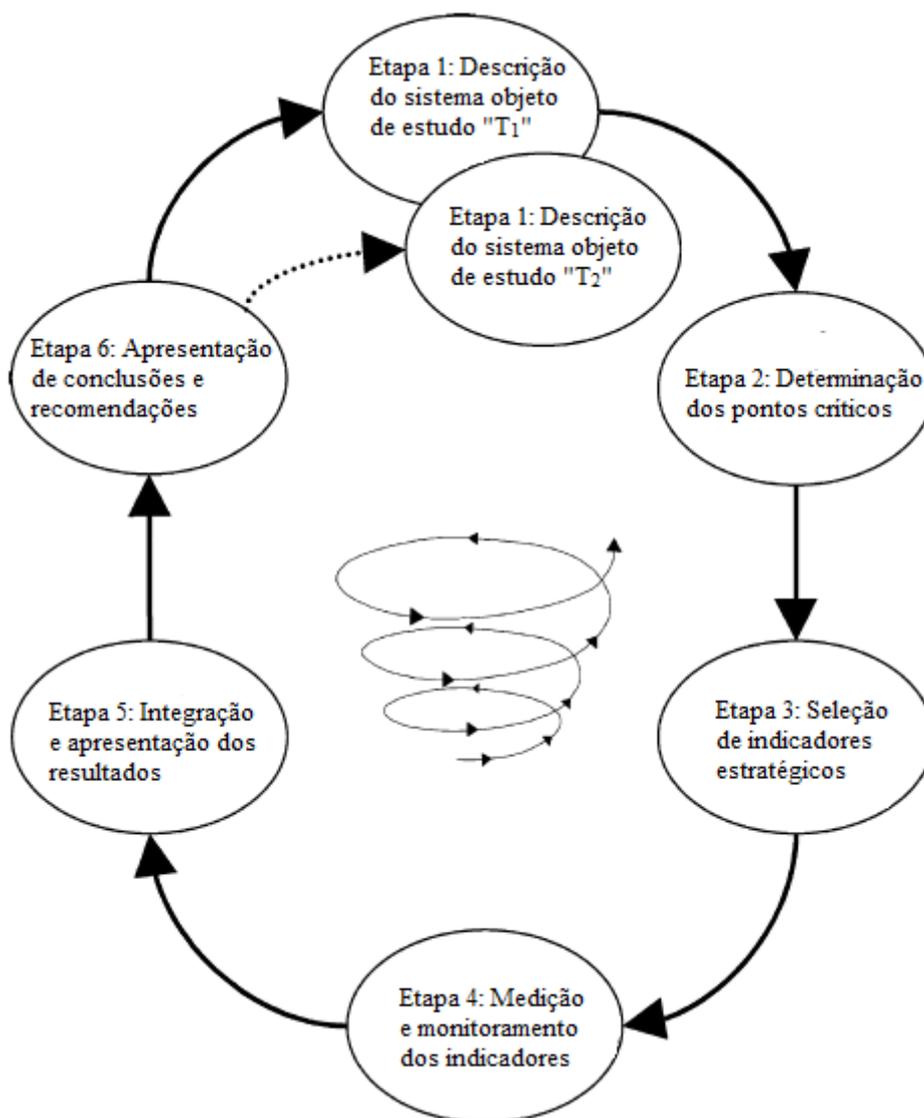
O MESMIS (Marco para la Evaluación de Sistemas de Manejo de Recursos Naturales incorporando Indicadores de Sustentabilidad) foi criado no final dos anos 1990 no México e é uma metodologia flexível capaz de se adaptar a diferentes realidades financeiras, políticas, técnicas e também a diferentes níveis de informação (NICOLOSO et al., 2018). Podendo ser utilizada em diagnósticos que envolvam projetos agrícolas, florestais e/ou pecuários, a metodologia busca não ser apenas um meio de valorar, mas uma ferramenta capaz de promover a sustentabilidade (ASTIER; MASERA; LOPEZ-RIDAURA, 1999).

O MESMIS considera cinco classes de atributos como fundamentais para a

definição de sistemas de manejo sustentáveis, sendo elas um dos pilares para a construção da avaliação, são elas: produtividade; estabilidade, resiliência e confiabilidade; adaptabilidade; equidade; e, auto suficiência. (ASTIER; MASERA; LOPEZ-RIDAURA, 1999). Com estas classes em mente são criados critérios de avaliação e indicadores para três áreas: ambiental, social e econômica.

A metodologia é definida em um ciclo composto por 6 etapas que pode ser observado na Figura 8, são elas (ASTIER; MASERA; LOPEZ-RIDAURA, 1999):

Figura 8 – Ciclo de avaliação do MESMIS



Fonte: Adaptado de Astier, Masera e Lopez-Ridaura (1999) e López-Ridaura, Masera e Astier (2002).

1. Definição do sistema de manejo que será o objeto de estudo - nesta etapa é necessário que se leve em consideração o contexto socioambiental e as

escalas espaço-temporais, identificar o sistema de manejo dominante na região e caracterizar o sistema alternativo.

2. Delimitação de pontos críticos - sendo eles os impedimentos para se atingirem os atributos de sustentabilidade. Após a sua identificação é necessário que se relacione cada ponto crítico com seu respectivo atributo de sustentabilidade, podendo estes se adequarem a mais de um atributo.
3. Seleção de critérios de avaliação e indicadores - definem-se os critérios de avaliação e os indicadores para se determinar o grau de sustentabilidade do sistema estudado, ambos precisam ser suficientes para cobrir as dimensões ambiental, social e econômica, e também cobrir os atributos de sustentabilidade. Após a seleção dos indicadores mais expressivos, recomenda-se fazer uma análise conjunta dos mesmos para que se verifique a possibilidade de simplificação e se obtenha uma visão sistêmica da avaliação.
4. Medição e monitoramento dos indicadores - nesta etapa são decididos os métodos que serão utilizados para a coleta dos dados necessários para os indicadores, levando em consideração a necessidade de avaliações periódicas.
5. Integração e apresentação dos resultados - é neste momento em que é feita a síntese das informações geradas pelos indicadores. A utilização de técnicas de análise multicritério se faz imprescindível neste contexto e a utilização de índices se faz importante para a comparação de indicadores com unidades de medida distintas. Esta etapa precisa ser conduzida de forma que os resultados apresentados auxiliem na tomada de decisão, podendo ser utilizadas abordagens qualitativas, quantitativas e mistas.
6. Apresentação de conclusões e recomendações - momento de se avaliar e comparar os resultados, sendo considerados os seguintes objetivos: apresentar o valor que a avaliação representa, podendo ser do tipo “este é mais sustentável que aquele” ou utilizando formas de representação radial; e, discutir pontos facilitadores e dificultadores do melhoramento da sustentabilidade, sendo importante levar em consideração neste ponto os aspectos políticos, socioeconômicos e ambientais. É também uma oportunidade de analisar a avaliação em si, levantando pontos positivos e negativos da logística e das técnicas/metodologias empregadas. Levando em consideração tudo o que foi levantado podem ser feitas as recomendações, a delimitação de metas para a próxima avaliação e melhorias que podem ser empregadas no processo avaliativo.

Na seção 2.6 são apresentados alguns exemplos de aplicação da metodologia, cada qual com suas adaptações e emprego de outras técnicas capazes de facilitar o processamento de algumas das etapas. Além disso, vale ressaltar que a metodologia prevê a possibilidade de adaptações no modelo para que o mesmo evolua conforme as necessidades de avaliação para cada novo ciclo (NICOLOSO et al., 2018).

2.5.3 Método IDEA

O método IDEA (*Indicateurs de Durabilité des Exploitations Agricoles* ou *Farm Sustainability Indicators method*) é um método criado na França (ZAHM et al., 2006) que é capaz de detectar uma alta variabilidade na pontuação final de sustentabilidade de estabelecimentos rurais (ZAHM et al., 2008). Este método também é capaz de refletir diferenças de situação e gerenciamento de fazendas de uma mesma região e com o mesmo sistema de produção, abrindo espaço para que o conhecimento entre estes produtores possa vir a ser discutido, tendo em vista uma produção mais sustentável (ZAHM et al., 2008). Segundo Zahm et al. (2006, p. 10)

One of the most important results to be underlined is that the sensitivity of the IDEA method is such that it is capable of observing differences in sustainability between production systems as well as within the same production system¹⁰.

O método foi construído aplicando-se uma metodologia com as seguintes etapas e gerando a estrutura apresentada na Tabela 1 (ZAHM et al., 2006; ZAHM et al., 2008):

1. Transcrição do conceito de agricultura sustentável em objetivos claros - nesta etapa os princípios envolvendo o conceito de sustentabilidade foram expressos em um conjunto de objetivos, visando a compreensão do modelo para as etapas posteriores. Conforme apresentado na Tabela 2, o método IDEA foi estruturado em torno de 16 objetivos. Quando agrupados, estes objetivos formam três escalas de sustentabilidade, cada uma subdividida em três ou quatro componentes, totalizando 10 componentes ao todo, sendo estes compostos por um total de 41 indicadores (Tabela 1).
2. Construção de uma matriz combinando os objetivos com os indicadores usados para caracterizá-los - foi construída uma matriz para garantir que todos os objetivos

¹⁰Um dos resultados mais importantes a ser destacado é que a sensibilidade do método IDEA é tal que é capaz de observar diferenças de sustentabilidade tanto entre os sistemas de produção quanto dentro de um mesmo sistema de produção. (Tradução nossa)

Tabela 1 – Estrutura do Metodo IDEA

Dimensão	Componentes	Indicadores	Peso (%)
Ambiental	Diversidade local	Diversidade de culturas anuais e temporárias; Diversidade de culturas perenes; Diversidade vegetal associada; Diversidade animal; Valorização e conservação do patrimônio genético	33
	Organização do espaço	Rotação; Dimensão das parcelas; Gestão da matéria orgânica; Zona de regulação ecológica; Contribuição com as questões ambientais; Valorização do espaço; Gestão de áreas forrageiras	33
	Práticas agrícolas	Fertilização; Tratamento dos efluentes; Pesticidas e tratamento veterinário; Bem-estar animal; Proteção do solo; Gestão dos recursos hídricos; Dependência energética	34
Socio-territorial	Qualidade dos produtos e do território	Abordagem de qualidade; Valorização do patrimônio construído e da paisagem; Tratamento dos resíduos não-orgânicos; Disponibilidade de espaço; Envolvimento social	33
	Emprego e serviços	Aperfeiçoamento; Serviços, pluriatividade; Contribuição para o emprego; Trabalho coletivo; Perenidade provável	33
	Ética e desenvolvimento humano	Contribuição para equilíbrio mundial de alimentos; Formação; Intensidade do trabalho; Qualidade de vida; Isolamento; Habitação, saúde e segurança	34
Econômica	Viabilidade	Viabilidade econômica; Taxa de especialização econômica; Autonomia financeira	30
	Independência	Sensibilidade a cotas e subsídios	25
	Transmissibilidade	Transmissibilidade econômica	20
	Eficiência	Eficiência do processo produtivo	25

Fonte: (MUHONGO, 2021)

Tabela 2 – Os 16 objetivos do método IDEA

Consistência	Cuidado na gestão de recursos naturais não renováveis
Preservação e gerenciamento da biodiversidade	Desenvolvimento local
Preservação do solo	Práticas de cidadania ou socialmente conscientes
Preservação e gerenciamento da água	Desenvolvimento humano
Preservação da atmosfera	Qualidade de vida
Qualidade do produto	Adaptabilidade
Ética	Emprego
Preservação da paisagem	Bem-estar animal

Fonte: Traduzido de Zahm et al. (2006)

estavam sendo expressos em indicadores.

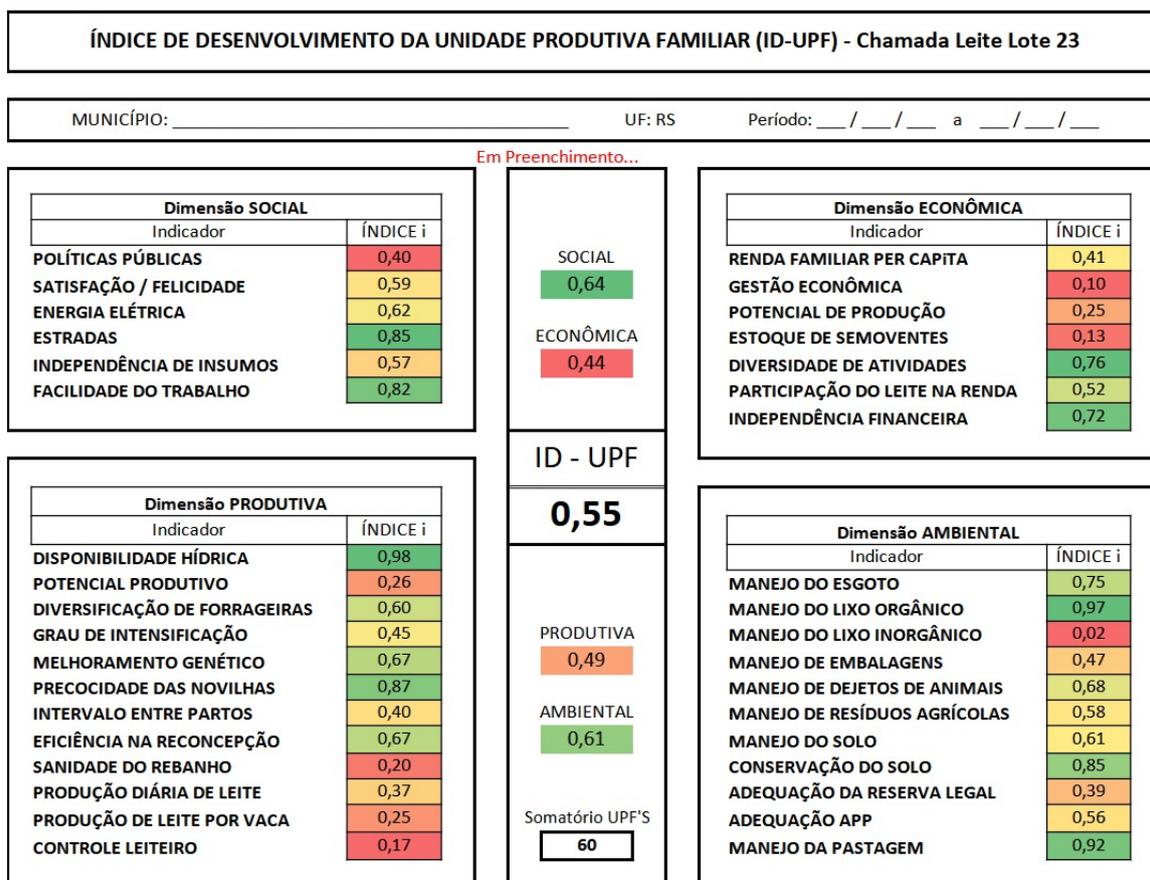
3. Estabelecimento de hipóteses e escolhas iniciais para a construção dos indicadores e de seu método de cálculo - para este método foi definido que os indicadores seriam pontuados por escalas (mínimos e máximos), que os indicadores seriam agregados dentro do componente que o contém e que estes iriam possuir um peso (Tabela 1). Devido à possibilidade de haver compensação de valores em um possível cálculo total se utilizando da agregação dos três componentes, a pontuação final da sustentabilidade neste método se dá pelo valor do componente com menor pontuação. No método IDEA também é possível que os indicadores recebam valores negativos podendo inclusive ocasionar em uma pontuação final da sustentabilidade negativa.
4. Desenvolvimento - nesta etapa foi desenvolvido o conteúdo das três escalas, organizada a consistência dentro de cada uma e descrita a construção de cada indicador em detalhes.
5. Aplicação de testes no método - o método IDEA já foi testado em diversos diagnósticos e na seção 2.6 é apresentado um estudo realizado no Brasil.

2.5.4 SQUADRO

Criada para analisar o diagnóstico de sustentabilidade de unidades produtivas familiares, a metodologia SQUADRO foi desenvolvida pela Embrapa Pecuária Sul e a Associação Riograndense de Empreendimentos de Assistência Técnica e Extensão Rural

(Emater/RS-Ascar) Regional de Ijuí. Esta metodologia prevê a construção de indicadores organizados em dimensões, ou seja, cada dimensão irá conter um conjunto de indicadores capazes de avaliar aquele tema. Atualmente, ela conta com 36 indicadores divididos em 4 dimensões (Figura 9): ambiental, produtiva, econômica e social.

Figura 9 – Relação de dimensões, indicadores e índices de uma avaliação empregando a metodologia SQUADRO



Fonte: A autora (2022).

Nesta metodologia os índices dos indicadores são calculados por meio da normalização do valor do indicador em critérios pré-definidos, os chamados parâmetros de cálculo de índice. Estes parâmetros são criados a partir da definição de um valor de referência de indicador para um determinado valor de índice entre 0 e 1, para os valores intermediários há uma interpolação para definição do valor de índice apropriado.

Para determinar o grau de importância para cada indicador dentro de uma dimensão e o grau de importância de cada dimensão na avaliação, estes possuem pesos. Estes pesos são utilizados no cálculo dos índices das dimensões e índice da avaliação.

A SQUADRO também se propõe a fazer o acompanhamento temporal dos índices

dos indicadores, trazendo inclusive um índice de variação dos valores ao longo do tempo. Neste, é possível acompanhar o grau de variação dos índices para cada ano em que a avaliação foi aplicada.

A metodologia já foi aplicada em alguns estudos, dentre estes, um estudo aplicado para diagnóstico de sustentabilidade de um sistema produtivo leiteiro no município de Derrubadas. Para este foi construída uma planilha com o devido cálculo de indicadores e índices (Figura 9). A planilha foi utilizada como base para a construção da plataforma SQUADRO-i e testes nela aplicados. O estudo realizado em Derrubadas foi aplicado em 60 propriedades durante os anos de 2014, 2015 e 2016, e é a partir destes dados que BRUM et al. (2017) realizou uma análise.

2.6 Trabalhos correlatos

Para a busca de trabalhos relacionados foi realizada uma revisão sistemática (TORRE-UGARTE et al., 2011) e as fontes de busca utilizadas foram a ACM, o ScienceDirect, o Journal of Integrative Agriculture, o portal de periódicos da EMBRAPA e o Google Scholar. Nos parágrafos que se seguem, os trabalhos correlatos são descritos.

Júnior, Cândido e Amaral (2015) aplicaram a metodologia MESMIS para o diagnóstico de sustentabilidade do Projeto de Assentamento São Romão que tem sua renda advinda da fruticultura irrigada, com maior predominância da produção de melão. Foram analisadas as famílias cujo cultivo do melão constituía fonte de renda para a família, sendo então analisados dez agroecossistemas que então se enquadraram nesta caracterização. A avaliação foi realizada por meio de entrevistas e observação não participante, levantando tanto dados quantitativos quanto dados qualitativos. No estudo eles percorreram todas as 6 etapas de avaliação do MESMIS e apresentaram detalhadamente o que compôs cada uma delas. Vale ressaltar que no quarto passo foi empregado um sistema de notas para os indicadores, no quinto passo o sistema utilizado para comparação foi um sistema hipotético cujas notas dos indicadores correspondiam ao valor considerado como nível desejável de sustentabilidade e no sexto passo foram elencadas propostas de melhorias com base nos resultados obtidos.

O estudo, realizado por Nicoloso et al. (2018) e com o apoio da Emater/RS-Ascar, empregou a metodologia MESMIS e nela foram diagnosticadas 34 propriedades entre 12 municípios. Os três sistemas avaliados foram: pecuaristas familiares com sistema de produção em campo nativo (CN); pecuaristas familiares com sistema de produção

em campo nativo e presença de diferentes cultivos, para subsistência ou não, exceto soja (CN+C); e, pecuaristas familiares com sistema de produção em campo nativo e cultivo de soja (CN+S). Neste estudo, os autores empregaram a análise SWOT (Strengths, Weaknesses, Opportunities and Threats – Forças, Fraquezas, Oportunidades e Ameaças) na segunda etapa da metodologia, na quinta etapa determinaram pesos para os indicadores selecionados e cada um deles teve seu valor transformado em uma escala de 0 a 100, e na sexta etapa foi empregado um software estatístico para análise, onde foi aplicado Anova e Teste de Tukey à 5% de significância. Os autores encontraram diferença estatística significativa para o atributo produtividade entre os sistemas CN+C e CN+S, sendo o primeiro considerado mais sustentável que o segundo.

Rezaei, Barmaki e Veisi (2018) utilizaram a metodologia DEX juntamente com o *software* DEXi para avaliar o nível de sustentabilidade da produção de batata na província de Hamadan no Irã. Para o diagnóstico, os autores realizaram um estudo quanto aos indicadores ideais para a avaliação e então os submeteram na plataforma DEXi. O DEXi, assim como o aqui proposto, é uma aplicação que disponibiliza a criação do ambiente avaliativo e componentes a serem avaliados, disponibilizando também a visualização gráfica dos resultados. A divergência com a SQUADRO-i está no fato de que o DEXi Software foi construído para a metodologia DEX que se utiliza de um esquema hierárquico de avaliação multicritério e que se detém a avaliações qualitativas, apesar de já possuir extensões para aplicação de atributos quantitativos.

Após uma adequação do método original às especificidades da produção agrícola familiar local, Melo e Cândido (2013) utilizaram o método IDEA para o diagnóstico de 30 propriedades familiares localizadas no município de Ceará-Mirim no Rio Grande do Norte, avaliando os diferentes sistemas de manejo quanto ao que representa o maior nível de sustentabilidade na região. No estudo foram analisadas 3 diferentes formas de manejo contendo 10 propriedades cada, são elas: propriedades convencionais (com produção dependente de fertilizantes e compostos químicos), propriedades orgânicas (que seguem os padrões de qualidade para uma produção orgânica, padrões estes estabelecidos pelo Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento - MAPA) e propriedades agroecológicas (que aplicam um híbrido dos dois primeiros tipos em sua produção). Os dados foram coletados juntamente aos produtores por meio de entrevistas estruturadas utilizando-se um formulário com perguntas fechadas. A dimensão socioterritorial foi identificada como a que possui pior desempenho dentre as 3 formas de manejo. Um maior desempenho foi identificado nas propriedades com manejo orgânico, isto por estas

apresentarem uma maior proporcionalidade entre as dimensões avaliadas e pela alta pontuação na dimensão agroambiental.

Em seu estudo, Whitehead, MacLeod e Campbell (2020) fizeram uma análise comparativa no processo de construção de diferentes ferramentas para a avaliação da sustentabilidade, visando identificar quais são as características que mais influenciam na adesão de uma ferramenta computacional. Dentre as ferramentas construídas duas são bastante próximas ao aqui proposto: a *NZ Biodiversity Assessment Tool Prototype* e o *Ngāi Tahu - Kohuratia*. Na *NZ Biodiversity Assessment Tool Prototype* utiliza-se um questionário para o levantamento dos dados, o que também é pretendido pela SQUADRO-i. com o diferencial de ser de forma adaptável, permitindo ao consultor, técnico ou extensionista rural criar suas próprias questões. No *Kohuratia* é escolhido um grupo de características predefinidas para avaliação e a análise também é feita por intermédio de um questionário, sendo este enviado para uma ou mais pessoas o responderem. Um aspecto que vai ao encontro do aqui pretendido com o *Kohuratia* é a possibilidade do responsável por criar o questionário, acompanhar a medida em que os formulários forem sendo respondidos e também já analisar os relatórios a partir dos mesmos.

LAMPERT, SILVA e WEILLER (2018) realizaram um projeto para a construção de uma planilha para realizar o diagnóstico das unidades de produção familiar (UPA) com atividade leiteira localizadas na região noroeste do estado do Rio Grande do Sul - BR. Fazendo uso desta planilha os extensionistas rurais foram capazes de coletar dados necessários para a composição de indicadores referentes ao uso do solo, a estrutura do rebanho, a utilização de pastagens e suplementos, ao preço e custo do leite, a quantidade produzida, e margens econômicas e saldos.

LAMPERT et al. (2015) apresentam uma ferramenta de gestão específica para a pecuária de corte com o objetivo de sistematizar indicadores de desempenho. O resultado foi uma aplicação web onde é disponível a simulação de cálculo dos indicadores, porém limitados aos indicadores já presentes na base de dados da plataforma.

Rodrigues, Barros e Martins (2016) utilizando-se da ferramenta APOIA-NovoRural, realizaram um estudo em 6 propriedades com cultura do coqueiro, visando analisar os impactos da adoção de medidas de intensificação ecológica. Este é um exemplo de ferramenta específica para um determinado problema, o que diverge com a ferramenta SQUADRO-i que possui uma abordagem genérica, ou seja, não haverão indicadores já pré-determinados na plataforma para utilização, eles serão construídos

pelo usuário conforme sua necessidade no contexto da avaliação. A APOIA-NovoRural é composta de 62 indicadores agrupados em 5 dimensões: ecologia da paisagem, qualidade ambiental (atmosfera, água e solo), valores socioculturais, valores econômicos e, gestão e administração.

Chen et al. (2014) construíram uma ferramenta computacional que se propõe a ser genérica na avaliação do desenvolvimento sustentável de pequenas e médias empresas. Assim como a SQUADRO-i, aplica os princípios de cálculo de índice e ponderação no diagnóstico. No entanto, a plataforma proposta por Chen et al. (2014) conta com um conjunto de 133 perguntas para seleção, o que difere do projeto aqui apresentado que pretende disponibilizar a criação conforme a necessidade do consultor, técnico ou extensionista rural.

Artuzo et al. (2021) propõem utilizar as leis da termodinâmica para medir a insustentabilidade dos sistemas agrícolas. Utilizando a segunda lei da termodinâmica, que avalia a eficiência na extração de recursos de uma determinada fonte, os autores a relacionam com a sustentabilidade agrícola. Eles levam este conceito à capacidade de se conseguir produzir o suficiente para as necessidades humanas com um mínimo de extração possível de recursos, indo de encontro ao conceito de desenvolvimento sustentável. Artuzo et al. (2021) realizaram uma avaliação inversa ao de costume, avaliando o grau de insustentabilidade dos sistemas, propondo um modelo de avaliação da insustentabilidade de sistemas agrícolas e também fórmulas capazes de integrar aspectos econômicos, de utilização de recursos naturais e possíveis manutenções.

Na Tabela 3 é possível observar os trabalhos previamente descritos e as características examinadas em comparativo com o trabalho proposto, os analisando em relação ao emprego de um sistema computacional que integre a coleta e a análise dos dados. Primeiramente analisou-se a existência de um sistema computacional genérico que possibilitasse um certo nível de flexibilidade na condução da pesquisa, neste caso se optou por avaliar os que não se utilizaram de planilhas. Após foi avaliada a existência de um módulo de coleta de dados, integrado ao sistema principal, que facilitasse a inclusão dos dados coletados junto à plataforma principal. Por fim, verificou-se a presença de um módulo compreensivo e claro de visualização das informações e resultados gerados a partir dos dados coletados.

Observando a Tabela 3 e as descrições feitas dos trabalhos que apresentam o uso de sistemas computacionais, percebemos que apesar de haver diferentes soluções poucas delas são capazes de possibilitar a manipulação do tipo de informação a ser

Tabela 3 – Comparativo dos trabalhos correlatos com as funcionalidades do sistema proposto

Referências	Utiliza sistema computacional genérico (exceto planilhas)	O sistema é integrado à etapa de coleta de dados	O sistema gera representação clara das informações
Júnior, Cândido e Amaral (2015)	Não informa	Não informa	Não informa
Nicoloso et al. (2018)	Não informa	Não informa	Não informa
Rezaei, Barmaki e Veisi (2018)	Sim	Não	Sim
Melo e Cândido (2013)	Não informa	Não informa	Não informa
Whitehead, MacLeod e Campbell (2020) (<i>Kohuratia</i>)	Sim	Sim	Sim
LAMPERT, SILVA e WEILLER (2018)	Não	Não se aplica	Sim
LAMPERT et al. (2015)	Não	Não se aplica	Não informa
Rodrigues, Barros e Martins (2016)	Não	Não	Sim
Chen et al. (2014)	Sim	Sim	Sim
Artuzo et al. (2021)	Não se aplica	Não se aplica	Não se aplica

Fonte: A autora (2022).

gerada. Algumas apresentam cálculos, mas não disponibilizam a visualização das informações de forma clara. Outras, apesar de apresentarem gráficos e outros métodos de relatórios, são fechadas e sem possibilidade de manipulação do tipo de dado a ser obtido. As metodologias que apresentam maior flexibilidade ainda necessitam de meios específicos para a coleta de dados, voltando a problemática de construção de uma planilha, aplicação ou qualquer outra ferramenta, que seja específica para a sua necessidade. A solução aqui proposta tem a finalidade de possibilitar uma maior interação do pesquisador com os dados que ele necessita coletar, o que somente é observado brevemente no *Kohuratia* (WHITEHEAD; MACLEOD; CAMPBELL, 2020), no DEXi Software (REZAEI; BARMAKI; VEISI, 2018) e na ferramenta construída por Chen et al. (2014), ainda assim ou com uma seleção limitada de dados disponíveis, ou com uma avaliação limitada a características qualitativas.

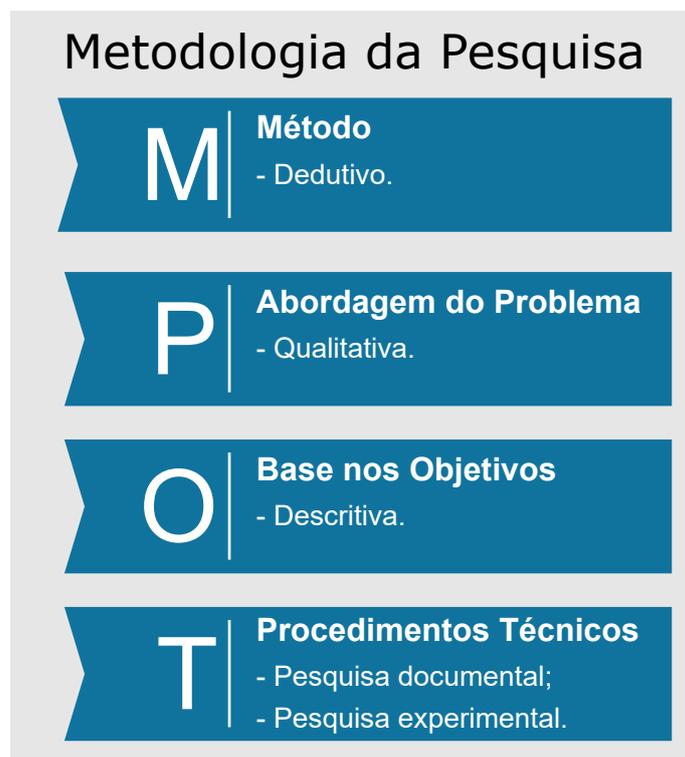
3 METODOLOGIA

Neste capítulo é apresentada a classificação da pesquisa e as etapas definidas para a realização da mesma.

3.1 Classificação da pesquisa

Segundo Prodanov e Freitas (2013, p. 49) a pesquisa científica precisa ser “sistemática, metódica e crítica”, podendo haver diversos tipos e maneiras de classificá-la. Esta pesquisa é classificada quanto ao ponto de vista de sua natureza, de seus objetivos, dos procedimentos técnicos, quanto à forma de abordagem do problema e quanto ao método. Quanto a sua natureza a pesquisa foi classificada como pesquisa aplicada, pois pretende resolver um problema específico do desenvolvimento sustentável que é quanto à possibilidade de criação de um sistema computacional que possa ser reutilizado para a avaliação de sistemas produtivos com características distintas. As demais classificações são apresentadas na Figura 10.

Figura 10 – Metodologia da pesquisa



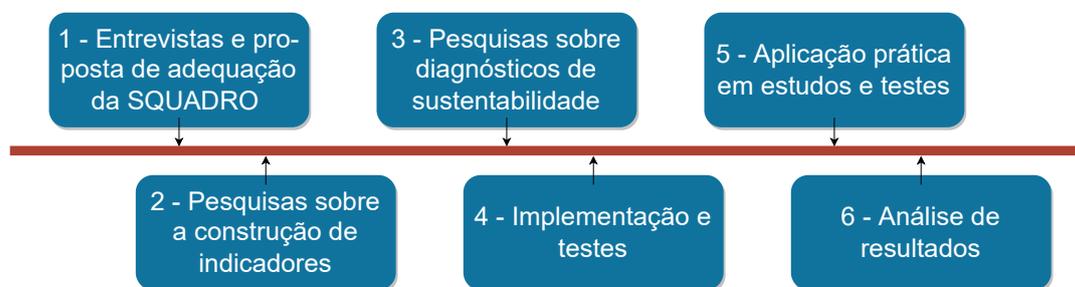
Fonte: A autora (2022).

Empregou-se o método dedutivo, pois pretende-se avaliar se a ferramenta construída é capaz ou não de gerenciar o processo de avaliação temporal de indicadores de forma genérica de tal maneira que seja capaz de auxiliar no diagnóstico de sustentabilidade de diferentes sistemas produtivos agropecuários. Quanto aos seus objetivos, a pesquisa é classificada como descritiva por pretender analisar o comportamento da ferramenta diante dos indicadores que avaliam estes sistemas. Do ponto de vista da forma de abordagem do problema ela é classificada como qualitativa, pois pretende elencar o comportamento dos diferentes indicadores testados, verificando se os mesmos são capazes de atender as diferentes demandas de avaliação de forma prática e eficaz. Quanto aos procedimentos técnicos, a pesquisa foi classificada como documental e experimental.

3.2 Etapas da pesquisa

As etapas empregadas na condução da pesquisa seguem a linha do tempo apresentada na Figura 11.

Figura 11 – Etapas da pesquisa



Fonte: A autora (2022).

Inicialmente, utilizando-se da engenharia de requisitos, realizaram-se dois encontros via Google Meet para realização de entrevistas de levantamento de requisitos, estas constituídas de um híbrido de entrevistas fechadas e abertas para elencar não somente os requisitos, como também as limitações e características da solução junto a um pesquisador da Embrapa Pecuária Sul (SOMMERVILLE, 2011). O pesquisador em questão possui projetos na área de monitoramento de indicadores de sustentabilidade de sistemas produtivos, dentre outros. Além das entrevistas, ao longo do desenvolvimento do projeto, a discussão sobre o andamento do trabalho se deu em reuniões de orientação.

Nas entrevistas, por estas terem o foco de levantar os requisitos da solução, foi

objetivado a obtenção de informações quanto ao público-alvo do sistema, o problema a ser resolvido por ele e como este vem sendo contornado até então, as funcionalidades consideradas mais importantes para o seu funcionamento e também as que seriam desejáveis, e por fim, como era esperado que seria o funcionamento da ferramenta quando pronta. Nestas entrevistas de levantamento de requisitos, a SQUADRO (Subseção 2.5.4) foi apresentada pelo pesquisador da Embrapa como uma sugestão de metodologia para o desenvolvimento da plataforma, ou seja, uma adequação desta metodologia foi empregada na SQUADRO-i. A partir da delimitação feita nestas entrevistas foi possível levantar informações suficientes para a construção do documento de requisitos e execução das próximas etapas.

O documento de requisitos, constante no Apêndice A, contém a modelagem do sistema, sua arquitetura e seus requisitos. A partir da construção deste documento, seguiu-se à prototipação onde foi representada toda a sequência necessária ao funcionamento do sistema. Segundo Sommerville (2011, p. 77), nesta técnica um executável do modelo “é demonstrado para os usuários finais e clientes. Estes podem experimentar o modelo para verificar se ele atende a suas reais necessidades.” Este protótipo foi peça fundamental para a validação de requisitos, realizada a seguir, onde foi possível detectar as adaptações iniciais necessárias para a continuidade do trabalho.

Foram realizadas pesquisas bibliográficas e documentais sobre a temática de indicadores e de sua construção. A importância desta etapa está na necessidade de se compreender como o processo de criação de indicadores ocorre, quais os principais tipos de indicadores e de que maneira a plataforma SQUADRO-i precisava ser construída para comportá-los. Logo após seguiu-se às pesquisas bibliográficas buscando compreender como são realizados os diagnósticos de sustentabilidade, quais abordagens podem ser empregadas e de que forma a plataforma precisa se comportar para tal.

A implementação iniciou-se com a construção do projeto-piloto. Nele estavam presentes as principais funcionalidades da plataforma para a construção de um indicador e para o cálculo do seu índice.

A seguir, iniciou-se a implementação das demais funcionalidades da plataforma que não foram construídas no projeto-piloto, são elas: o gerenciamento da avaliação com construção de dimensões, indicadores, critérios de cálculo e ponderação de índices; coleta de dados; e, visualização de relatórios por unidade de avaliação, relatório geral da avaliação, comparação temporal por unidade de avaliação e comparação temporal geral da avaliação.

Ao longo do desenvolvimento foram feitos testes funcionais, ou teste de caixa-preta (SOMMERVILLE, 2011; PRESSMAN; MAXIM, 2016) manuais empregando como dados de entrada, os indicadores da planilha da metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4), e observado se as saídas da SQUADRO-i correspondiam aos resultados desta planilha. Também foram testados indicadores de outros estudos, porém nem todos possuíam conjuntos de dados suficientes para testar a plataforma em sua totalidade. Desta forma verificou-se o comportamento da plataforma com aplicação de indicadores de diferentes tipos e também, no caso da planilha, se a plataforma apresenta resultados corretos. Após a conclusão do desenvolvimento foi empregada uma ferramenta online (SonarCloud, 2022) para a realização do teste de segurança (PRESSMAN; MAXIM, 2016) e verificar possíveis melhorias futuras na plataforma desenvolvida.

Por fim, realizou-se o teste de aceitação (SOMMERVILLE, 2011; PRESSMAN; MAXIM, 2016), que demandou a aplicação prática da plataforma em diferentes cenários produtivos, de forma que pudesse ser validada junto a situações reais para obtenção de informações quanto a possíveis problemas encontrados e melhorias a serem implementadas (SOMMERVILLE, 2011). A primeira foi com um dos responsáveis pela aplicação da metodologia SQUADRO no município de Derrubadas, a segunda pela presidente em exercício da Associação para a Grandeza e União de Palmas Bagé (AGrUPA) e a última por um dos envolvidos na pesquisa sobre prioridades da pecuária de corte no Brasil (LAMPERT et al., 2021). Foi então aplicado um questionário elaborado no Google Forms contendo perguntas baseadas no modelo de aceitação de tecnologia (Technology Acceptance Model - TAM) (DAVIS, 1989).

Este modelo considera duas variáveis principais: utilidade percebida (UP) e facilidade de uso percebida (FP) (DAVIS, 1989). A primeira diz respeito a tendência de uso do sistema a medida que este se mostrar útil, já a segunda é referente a percepção de que o sistema, apesar de ser útil, não deve ser dificultoso a ponto de não compensar sua utilização (DAVIS, 1989). CARVALHO (2013) diz que ambas variáveis influenciam a atitude para uso (AU) do sistema e que a UP juntamente com a AU influenciam a intenção comportamental (IC).

Desta forma, o questionário continha 10 perguntas classificadas nos 4 eixos apresentados anteriormente: utilidade percebida (UP), facilidade de uso percebida (FP), atitude para uso (AU) e intenção comportamental (IC). Para as respostas foi estabelecida uma escala de Likert com 5 pontos variando entre concordo totalmente e discordo

totalmente.

A SQUADRO-i também foi empregada em aplicações práticas de diferentes cenários produtivos, dentre eles estudos de conhecimento dos avaliadores da aceitabilidade da plataforma. Sendo assim, ela foi testada em três estudos relacionados aos respondentes do teste de aceitabilidade e um estudo ligado à agricultura familiar com emprego de outras metodologias de avaliação.

4 PROJETO DA PLATAFORMA SQUADRO-i

Neste capítulo é realizada a descrição do modelo da plataforma SQUADRO-i que é proposta para solucionar a problemática do diagnóstico de sustentabilidade, é apresentado o projeto e modelagem da mesma, sendo também apontadas as tecnologias que foram utilizadas para a construção da solução.

4.1 Descrição do modelo

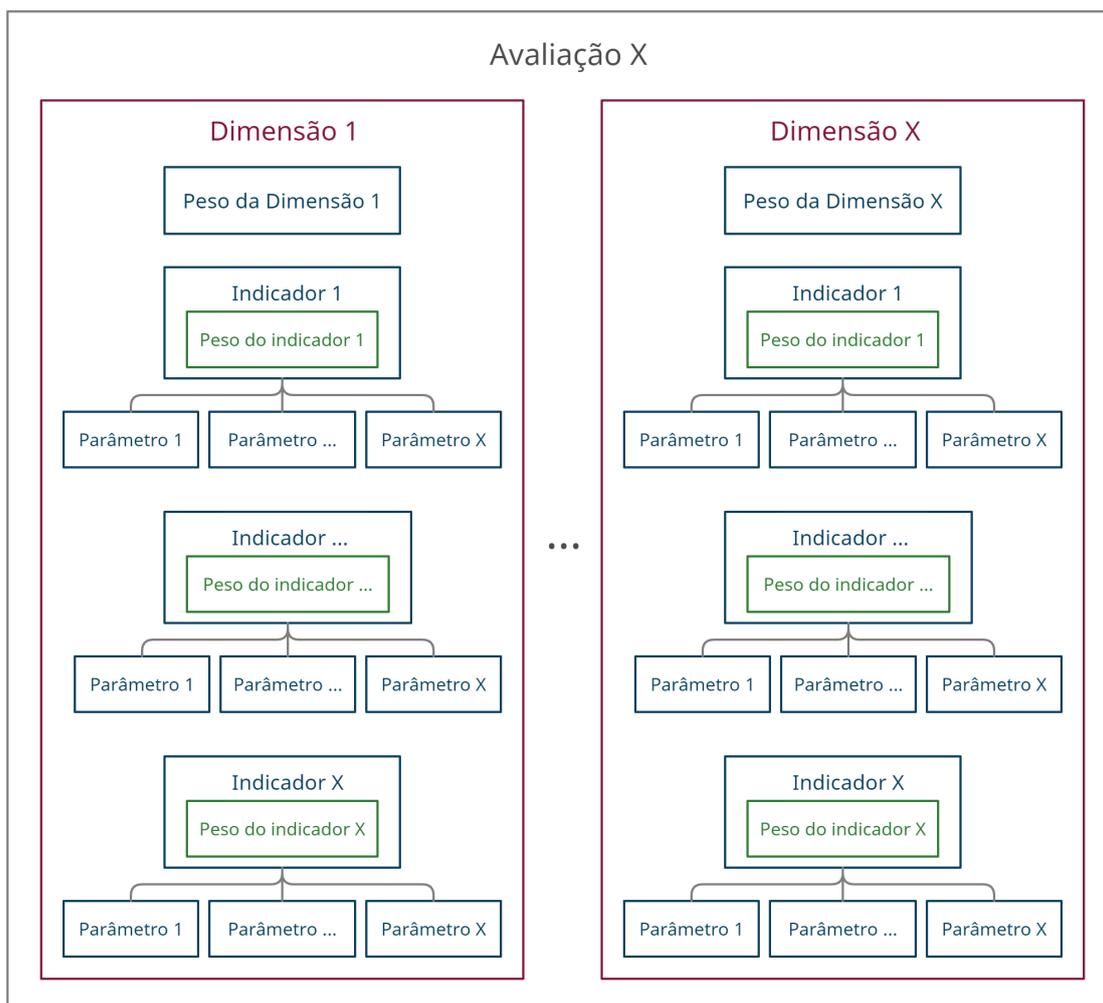
O presente trabalho apresenta o desenvolvimento de uma ferramenta computacional genérica que propicia a estruturação de indicadores a serem coletados para o diagnóstico de sustentabilidade de sistemas produtivos. O modelo é fundamentado na metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4) que foi utilizada para o diagnóstico do desenvolvimento sustentável de propriedades familiares da região noroeste do estado do Rio Grande do Sul.

Nesta metodologia a estrutura de uma avaliação se dá conforme a Figura 12, onde toda avaliação é composta por dimensões, cada qual representando uma área da sustentabilidade (econômica, ambiental, social, etc.). Todas as dimensões são compostas de indicadores e cada um destes possui um conjunto de parâmetros utilizados para o cálculo do seu índice. Além disso, os indicadores e dimensões possuem um peso que será utilizado para o cálculo do índice da dimensão e do índice geral da avaliação.

Na avaliação mencionada por BRUM et al. (2017) o diagnóstico foi realizado em estabelecimentos familiares com produção leiteira. Nela foram levantados 36 indicadores organizados em 4 dimensões: ambiental, social, produtiva e econômica. Os dados foram coletados em entrevistas realizadas em formulários de papel por um período de três anos, sendo os dados organizados em uma planilha. Esta foi construída com as funcionalidades de cálculo do indicador, cálculo do índice dos indicadores, cálculo do índice das dimensões e cálculo do índice geral da avaliação. Estes cálculos, com exceção do cálculo do indicador, foram aplicados tanto ao nível de propriedade (nível de unidade de avaliação) quanto ao nível da região onde se realizou o estudo (nível de avaliação).

Na SQUADRO-i é pretendido não somente estruturar a avaliação como também proporcionar um meio de coleta para os dados que irão compor a mesma. Para que atinja este objetivo, ela está dividida em duas aplicações:

Figura 12 – Estrutura da avaliação



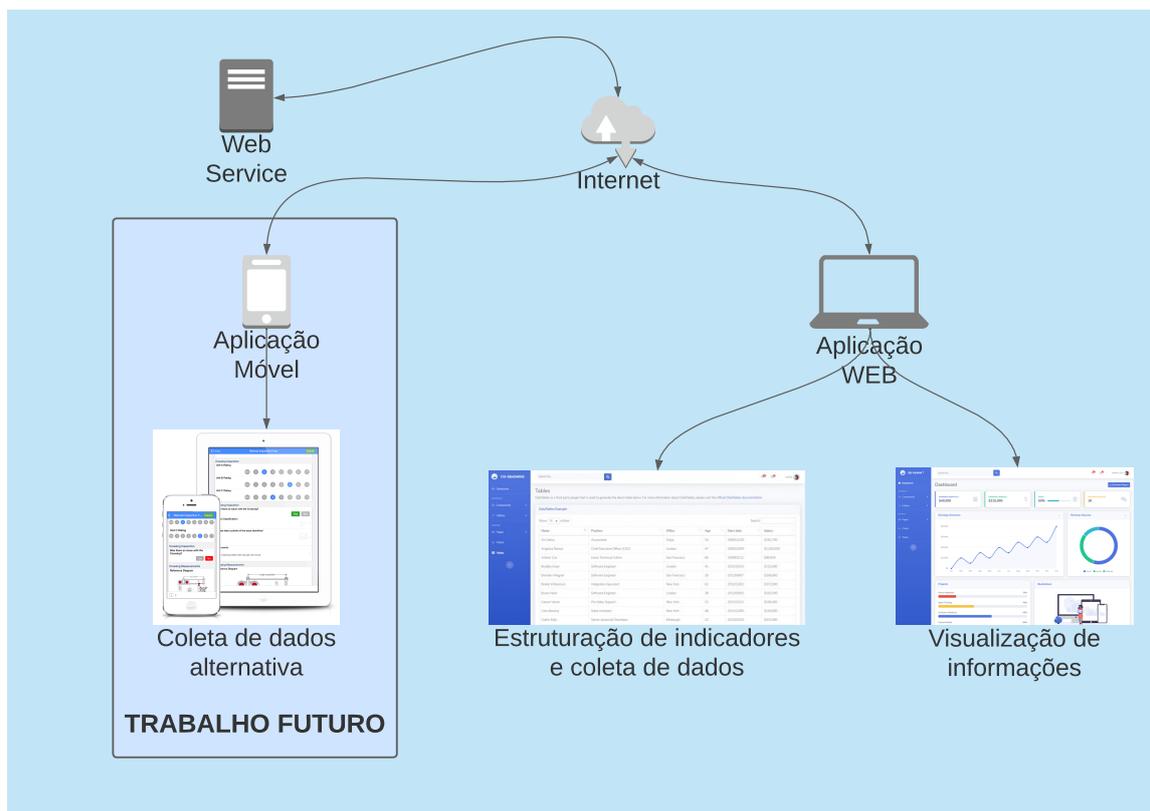
Fonte: A autora (2022).

1. Aplicação web - onde será possível a criação de toda a parte gerencial da SQUADRO-i, possuindo o ambiente em que se dará a avaliação, as dimensões de sustentabilidade que serão avaliadas, seus respectivos indicadores e parâmetros de avaliação, e também os pesos que serão utilizados em cada uma destas funcionalidades. Nesta também será possível realizar a coleta de dados e também a visualização de informações após a conclusão das entrevistas de coleta.
2. Aplicação móvel - um trabalho futuro a ser construído como alternativa de coleta de dados nas unidades avaliativas ou unidades de avaliação. Esta aplicação será exclusiva para carregar o formulário com as perguntas geradas a partir do que for definido na aplicação web.

Na Figura 13 podemos observar estas aplicações com suas respectivas plataformas

e funcionalidades representando a arquitetura de persistência de dados, onde ambas utilizam a internet como meio de comunicação com o *web service*. Vale ressaltar que o funcionamento da aplicação móvel não será condicionada a uma conexão com a internet, podendo os dados serem posteriormente sincronizados com o *web service*.

Figura 13 – Arquitetura do sistema



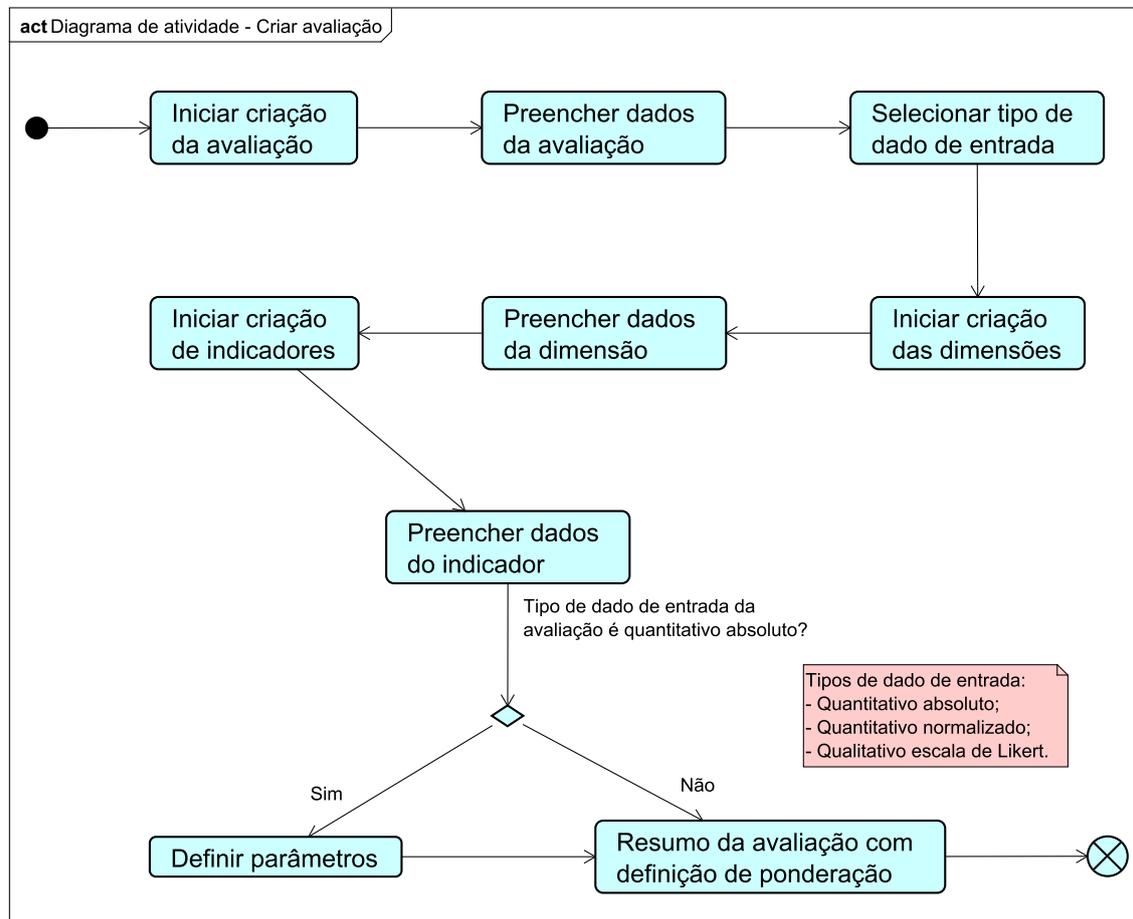
Fonte: A autora (2022).

Na aplicação web ocorrerá a estruturação de quais dimensões e indicadores serão estudados na avaliação, sendo a dimensão um conjunto de indicadores agregados. Nela também serão determinados quais serão os parâmetros de cálculo do índice dos indicadores, estes definidos por meio de um conjunto de regras que serão específicos para cada indicador. Além disso, nesta aplicação também serão definidos pesos aos indicadores para que se possa dar maior relevância aos que vierem ser mais expressivos quando se der o cálculo do índice da dimensão. O mesmo ocorrerá com as dimensões para que haja a possibilidade de definição da expressividade de cada dimensão ao se realizar o cálculo do índice geral de sustentabilidade.

A construção de uma avaliação segue a sequência apresentada no diagrama de atividade da Figura 14. Nela observa-se que durante a criação de uma avaliação, delimita-se o tipo de dado de entrada para a etapa de coleta de dados. Atualmente a

plataforma conta com três tipos de dado de entrada: quantitativo absoluto, quantitativo normalizado e qualitativo na escala de Likert.

Figura 14 – Diagrama de atividade da criação da avaliação na aplicação



Fonte: A autora (2022).

O tipo quantitativo absoluto diz respeito ao indicador que entrará calculado na plataforma porém em seu valor absoluto, ou seja, o valor de entrada deverá ter seu índice calculado com base em parâmetros ou critérios de cálculo definidos pelo usuário na própria plataforma. Já o tipo quantitativo normalizado será a entrada do índice do indicador já calculado, sem a necessidade da plataforma realizar este cálculo. Por fim, o tipo qualitativo na escala de Likert é a entrada de uma das cinco opções qualitativas: muito alto, alto, médio, baixo ou muito baixo. Mesmo sendo qualitativa, a entrada de valores na escala de Likert possuem valores numéricos pré-determinados na plataforma.

Quando construídos, os indicadores recebem um componente que servirá para auxiliar no armazenamento de valores que irão compor o indicador. Atualmente os indicadores da plataforma irão possuir apenas um componente, porém em trabalhos

futuros este número irá aumentar ao se implementar o cálculo de indicadores com fórmula. Um exemplo deste caso é o indicador renda familiar *per capita* que necessita de mais de um componente para sua avaliação: a receita anual da família e o número de membros da família.

A delimitação das dimensões acontece logo após a criação da avaliação, sendo elas listas temáticas de indicadores. Nelas os indicadores são categorizados de forma que avaliem um determinado aspecto a ser definido pelo usuário. Um exemplo é a dimensão econômica que pode ter agregada a ela indicadores como a renda familiar *per capita* e o potencial de produção.

A construção de parâmetros é necessária quando o tipo de dado de entrada é o quantitativo absoluto, para que a plataforma SQUADRO-i saiba como serão calculados os índices deste tipo de dado de entrada. Os parâmetros nada mais são que um conjunto de regras que serão aplicadas para o cálculo do índice do indicador. Como exemplo podemos utilizar a situação hipotética de o indicador renda familiar *per capita* receber a nota máxima de 1 caso a renda seja maior ou igual à R\$1.500,00, receber a nota 0,5 caso este valor seja igual à R\$700,00 e para valores intermediários a estes a nota é obtida por meio de um cálculo de interpolação.

Por fim, há a delimitação opcional de pesos que é aplicada tanto aos indicadores, quanto às dimensões. O índice de uma dimensão é calculado por meio da média dos indicadores que a integra e a delimitação de pesos é importante para que a SQUADRO-i saiba se as médias serão calculadas de forma convencional ou ponderada, pois pode haver diferença de expressividade entre os indicadores que compõem a dimensão. O mesmo ocorre com o índice geral de sustentabilidade que será atribuído para a avaliação, ele é calculado por meio da média das dimensões que poderá ser ponderada ou não, pois assim como nos indicadores poderá haver diferença de expressividade nas dimensões que compreendem a avaliação.

Na aplicação web também será possível a realização da coleta de dados e a visualização de informações. O formulário contendo as questões necessárias para a coleta dos dados pode ser gerado imediatamente após a construção da avaliação e a visualização de informações a medida que os dados forem sendo coletados.

4.2 Projeto e modelagem do sistema

Segundo Sommerville (2011, p. 57), os requisitos do sistema são uma descrição “do que o sistema deve fazer, os serviços que oferece e as restrições a seu funcionamento”. Uma das técnicas que fazem parte do processo de engenharia de requisitos e que foi utilizada neste trabalho é a entrevista (SOMMERVILLE, 2011). Durante as entrevistas realizadas junto ao cliente foram levantados 22 requisitos funcionais que foram classificados em essencial, importante e desejável. A lista completa destes requisitos encontra-se no documento de requisitos construído com base em Sommerville (2011) e que é apresentado em sua totalidade no Apêndice A. Na Tabela 4 são apresentados alguns dos principais requisitos funcionais essenciais do sistema e suas respectivas descrições.

Tabela 4 – Principais requisitos funcionais essenciais do sistema e suas respectivas descrições

Requisito	Descrição
Gerenciar avaliação	No ambiente avaliativo é onde serão definidos os indicadores e respectivas dimensões que serão analisadas. É essencial que esta funcionalidade esteja presente na plataforma, pois é através desta que poderão ser feitas diferentes avaliações empregando os dados que melhor definem o cenário a ser estudado pelo usuário.
Gerenciar indicador	O usuário deverá ter a possibilidade de criar, editar e visualizar. Os indicadores serão constituídos de componentes e serão agrupados em dimensões.
Calibrar parâmetros das notas do indicador	É essencial que o usuário seja capaz de calibrar os parâmetros, ou critérios, necessários para a atribuição das notas de seus indicadores. Será através destes parâmetros que a plataforma será capaz de calcular os índices dos indicadores.
Calcular índice do indicador	É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice dos indicadores construídos na plataforma. Os índices a serem calculados serão tanto os individuais referentes às unidades avaliativas, quanto o índice geral deste indicador na avaliação.
Calcular índice da dimensão	É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice das dimensões que compõem a avaliação. Os índices a serem calculados serão tanto os individuais referentes às unidades avaliativas, quanto o índice geral desta dimensão na avaliação.
Calcular índice da avaliação	É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice da avaliação por unidade avaliativa e também o índice geral da avaliação.

Fonte: A autora (2022).

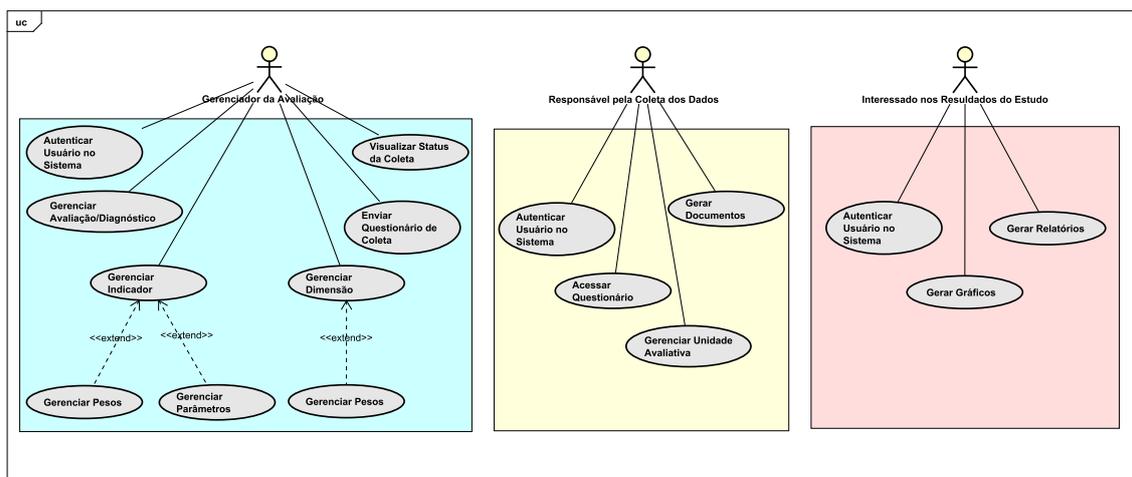
Nas próximas subseções serão apresentados e detalhados alguns dos diagramas construídos para a modelagem do sistema, são eles: diagrama de casos de uso,

diagrama de classes conceitual, diagrama de objetos, diagrama de sequência e modelo entidade-relacionamento (ER) do banco de dados. Os demais requisitos do sistema, o diagrama de classes convencional e os demais diagramas criados para a modelagem deste projeto são encontrados no documento de requisitos constante no Apêndice A.

4.2.1 Diagrama de casos de uso

Guedes (2008) diz que um diagrama de casos de uso é uma representação abstrata que visa apresentar um panorama das funcionalidades do sistema sem que seja necessário detalhar como estas serão implementadas, sendo utilizado então para a compreensão do funcionamento do sistema a partir de uma perspectiva de usuário. O diagrama de casos de uso construído para esta solução é apresentado na Figura 15 e nele é possível observar a existência de três papéis de usuário que são representados pelos atores:

Figura 15 – Diagrama de casos de uso



Fonte: A autora (2022) (Adaptado de Guedes (2008)).

1. Gerenciador da avaliação - responsável pela construção e estruturação da avaliação em sua totalidade, a ele também permitido exercer o papel dos demais tipos de usuário.
2. Responsável pela coleta dos dados - usuário autorizado pelo gerenciador da avaliação para ter acesso ao módulo de coleta de dados, este é o responsável pelas entrevistas e obtenção dos dados necessários à realização do diagnóstico de sustentabilidade construído.
3. Interessado nos resultados do estudo - usuários ou representantes de organizações

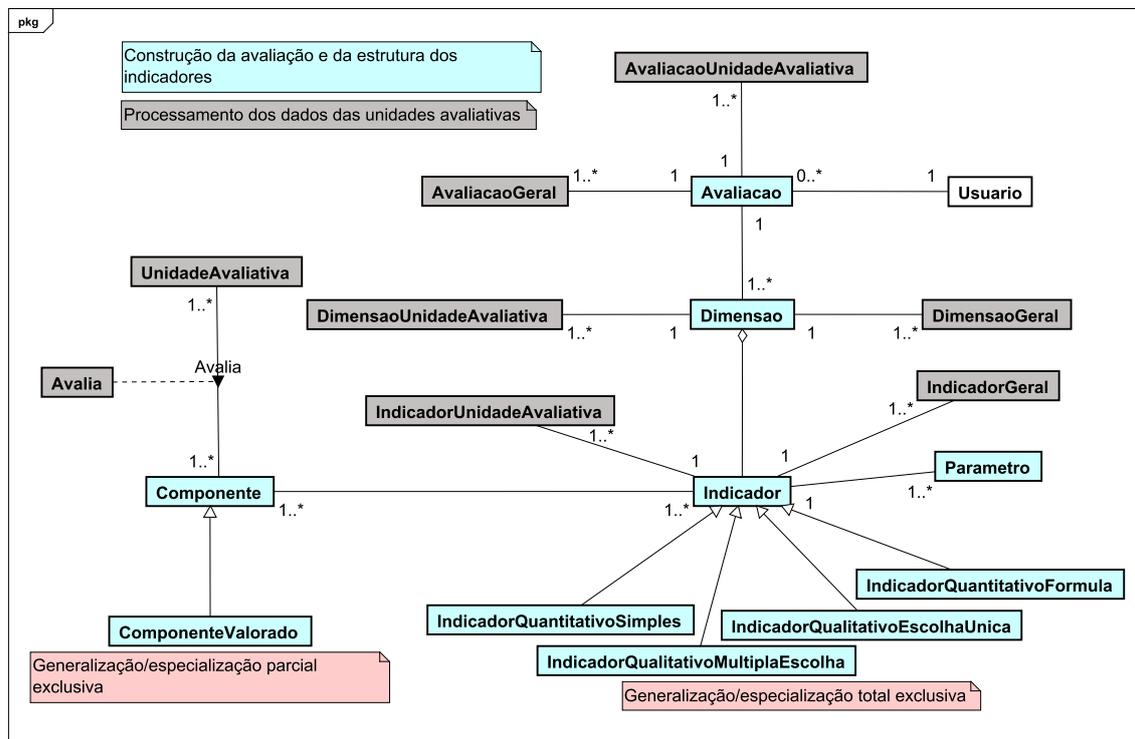
autorizados pelo gerenciador da avaliação a ter acesso às informações geradas pelo diagnóstico realizado.

É comum a todos os tipos de usuário o acesso às funcionalidades da plataforma SQUADRO-i por meio de autenticação prévia. O gerenciador da avaliação detém o acesso às funcionalidades da plataforma em sua totalidade e devido a isto é o usuário base na plataforma para um produto mínimo viável.

4.2.2 Diagrama de classes conceitual

O diagrama de classes permite visualizar quais classes irão compor o sistema e como estas se relacionam, servindo também como base para a construção de outros diagramas da linguagem UML (GUEDES, 2008). Na Figura 16 é apresentado o diagrama de classes conceitual da solução e nele observa-se duas cores diferenciando as classes.

Figura 16 – Diagrama de classes conceitual da solução



Fonte: A autora (2022) (Adaptado de Guedes (2008)).

As classes em azul representam a estrutura da construção da avaliação na aplicação web, já as classes em cinza são as classes relacionadas à obtenção dos dados e processamento dos mesmos. Ao analisar o diagrama também é possível perceber que

a classe “Indicador” necessita ser especializada em pelo menos um dos 4 seguintes tipos:

1. Indicador quantitativo simples - aquele cujo valor de entrada será um valor numérico único.
2. Indicador quantitativo com fórmula - nele a entrada será um conjunto de valores numéricos que serão utilizados em uma fórmula para o cálculo final do valor do indicador.
3. Indicador qualitativo de escolha única - onde o valor de entrada será um único valor, este já predeterminado em um conjunto de valores na aplicação.
4. Indicador qualitativo de múltipla escolha - o valor de entrada será obtido por meio do somatório de um conjunto de valores selecionados pelo usuário, estes últimos também já predeterminados previamente na plataforma.

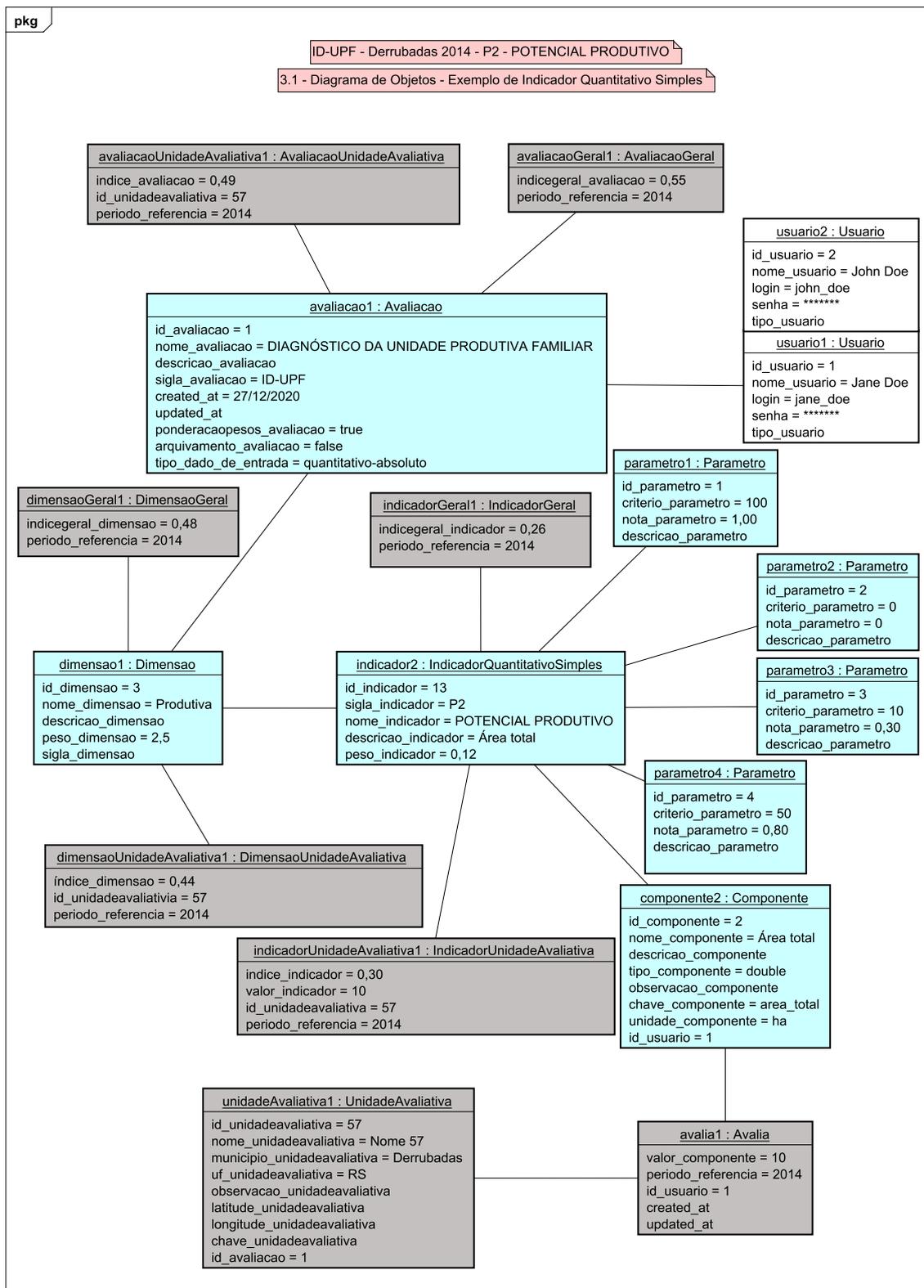
Para dar suporte à coleta de dados construiu-se a classe “Componente” que nada mais é do que uma das partes que irá constituir um indicador. Esta será responsável por fazer a ponte com a classe “UnidadeAvaliativa” e os dados referentes a esta última serão armazenados na classe associativa “Avalia”. Para que seja possível predeterminar os valores que poderão ser escolhidos em caso do indicador ser qualitativo, a especialização “ComponenteValorado” será utilizada.

4.2.3 Diagrama de objetos

Guedes (2008) afirma que o diagrama de objetos é utilizado para representar como os valores se comportam em um dado momento no sistema, possibilitando portanto simular possíveis situações que podem vir a ocorrer. Na Figura 17 observa-se o diagrama de objetos para o caso em que o indicador é do tipo quantitativo simples.

Os dados apresentados neste diagrama fazem parte do diagnóstico de sustentabilidade realizado com a metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4), onde foi avaliado o grau de sustentabilidade de propriedades familiares com produção leiteira. O indicador representado é o “POTENCIAL PRODUTIVO” cujo valor é determinado pelo componente “Área total”. Neste exemplo o componente “Área total” possui valor 10 para a unidade avaliativa “Nome 57” e por ser o único componente a fazer parte deste indicador, o valor total do indicador também é 10. Com base nos parâmetros estipulados, o indicador “POTENCIAL PRODUTIVO” com valor 10 obteve índice 0,3 para esta unidade avaliativa.

Figura 17 – Diagrama de objetos do indicador quantitativo simples “POTENCIAL PRODUTIVO”



Fonte: A autora (2022) (Adaptado de Guedes (2008)).

Neste diagrama também estão presentes os objetos das classes que armazenam o índice do indicador, o índice da dimensão e o índice da avaliação, tanto para a unidade avaliativa, quanto para o diagnóstico geral. As classes que armazenam os índices gerais do diagnóstico, os índices da unidade avaliativa e a classe que armazena o valor do componente, possuem um atributo para identificação do período de referência ao qual aquele valor corresponde, possibilitando assim a comparação temporal do diagnóstico de sustentabilidade. O índice de 0,3 calculado para a unidade avaliativa “Nome 57” é armazenado com seu período de referência correspondente, neste caso o ano de 2014, na instância da classe “IndicadorUnidadeAvaliativa”. Este índice e os demais dados apresentados como exemplo são os presentes no estudo realizado em Derrubadas com a metodologia SQUADRO, apresentada na Subseção 2.5.4.

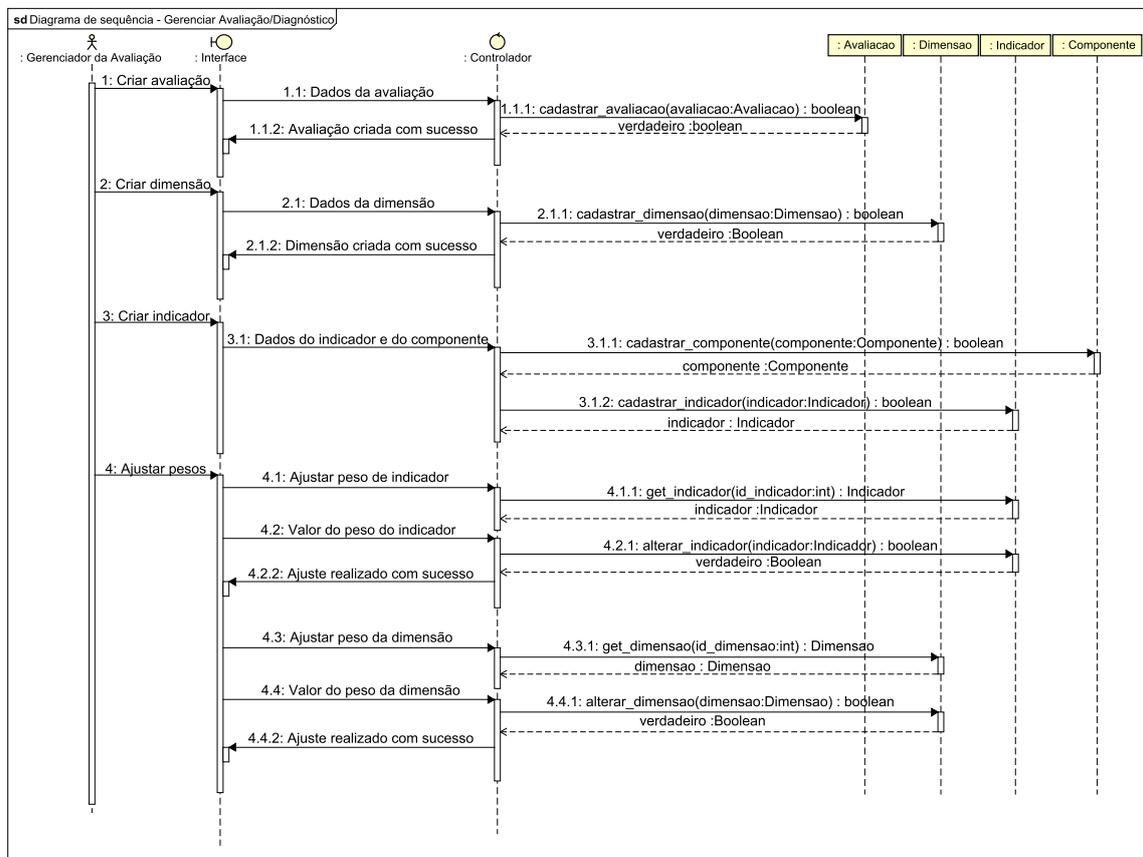
Como pode ser observado na Figura 17 e da mesma forma em que foi apresentado na Figura 16, os objetos em azul são os que serão delimitados no momento da criação da avaliação e em cinza constam os objetos relacionadas à obtenção dos dados e processamento dos mesmos. Os indicadores quantitativos simples foram determinados como a base funcional da plataforma, sendo possível por meio deles aplicar o valor calculado de qualquer um dos outros tipos de indicadores, portanto, este é o tipo base de indicador na plataforma para um produto mínimo viável.

4.2.4 Diagrama de sequência

Segundo Guedes (2008) o diagrama de sequência é baseado no diagrama de casos de uso e objetiva esclarecer em qual sequência os eventos ocorrem e quais mensagens são trocadas entre os elementos envolvidos em um determinado processo. Este diagrama também serve para a validação e complementação do diagrama de classes, pois é nele que podemos ter uma visão clara de quais métodos são necessários para cada uma das classes especificadas (GUEDES, 2008). Na Figura 18 está a representação de um dos casos de uso da Figura 15, o caso de uso “Gerenciar Avaliação/Diagnóstico”.

Pode-se analisar na Figura 18, que além da classe “Avaliacao”, faz-se necessário o envolvimento das classes “Dimensao”, “Componente” e “Indicador” no processo de construção de um diagnóstico de sustentabilidade. Inicialmente é construída a avaliação, em seguida as dimensões e por fim os indicadores. Observa-se na Figura 18 que a criação de um indicador envolve a criação de um componente previamente, isto porque é obrigatório que um indicador possua um componente vinculado a ele.

Figura 18 – Diagrama de sequência representando o caso de uso “Gerenciar Avaliação/Diagnóstico”



Fonte: A autora (2022) (Adaptado de Guedes (2008)).

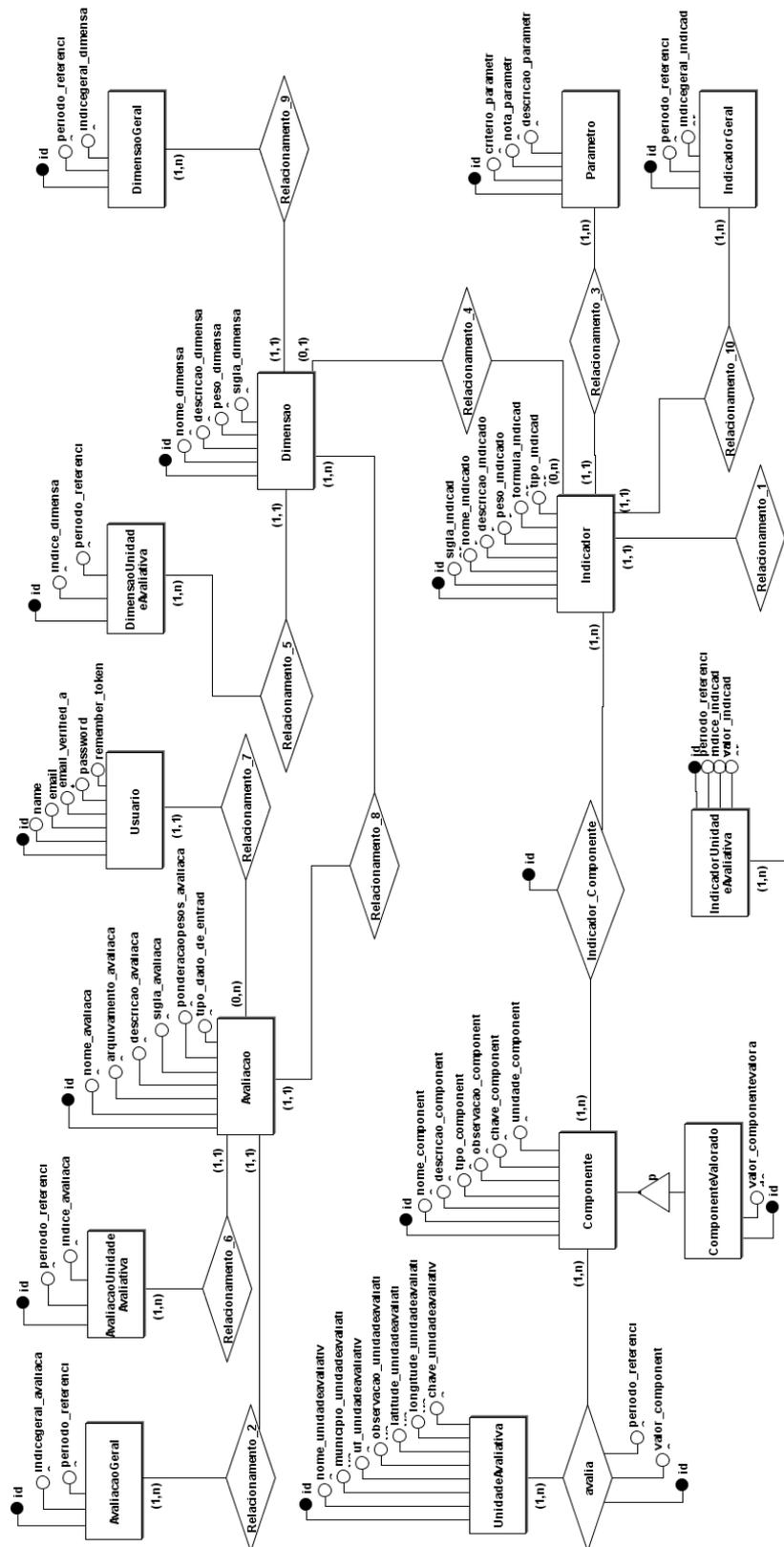
Os atores que aparecem no diagrama de sequência são os mesmos atores previstos no diagrama de casos de uso (GUEDES, 2008). No diagrama da Figura 18 empregou-se o ator “Gerenciador da Avaliação”, pois este é o responsável por todo o processo de construção de uma avaliação na plataforma.

4.2.5 Modelo entidade-relacionamento (ER)

Segundo Heuser (2009) a técnica mais utilizada de modelagem de dados é a abordagem entidade-relacionamento. Ainda para Heuser (2009, p. 72) o “modelo ER é um modelo formal, preciso, não ambíguo”, ou seja, um mesmo modelo deve ser compreendido exatamente da mesma forma para diferentes leitores. Na Figura 19 é apresentado o modelo ER da plataforma SQUADRO-i.

Observa-se na Figura 19 que a entidade “Componente” possui uma especialização

Figura 19 – Modelo ER do banco de dados



Fonte: A autora (2022) (Adaptado de Heuser (2009)).

parcial, ou seja, esta entidade pode ser especializada ou não em “ComponenteValorado”. Já a entidade “Indicador” possui uma relação de generalização/especialização total, ou seja, qualquer instância da super-classe “Indicador”, deverá obrigatoriamente associar-se a uma e somente uma instância das 4 sub-classes possíveis. Como dito anteriormente, considerou-se como produto mínimo viável a implementação da sub-classe “IndicadorQuantitativoSimples”.

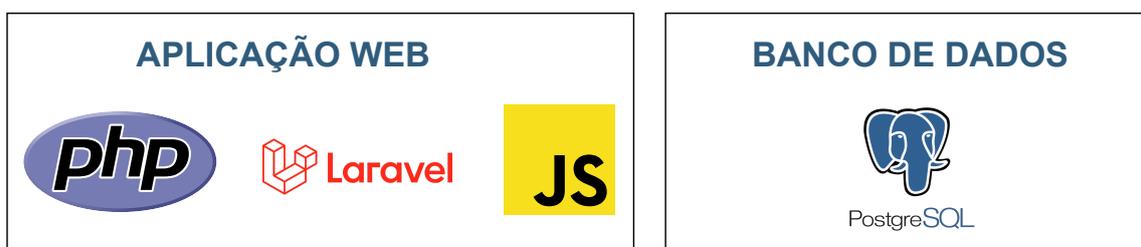
4.3 Tecnologias adotadas

Esta seção apresenta o conjunto de tecnologias que estão disponíveis no mercado atualmente e poderiam ser utilizadas para a resolução do problema de pesquisa nesta dissertação. Nesta seção também estão descritas as principais tecnologias adotadas para a implementação do sistema proposto.

Para o desenvolvimento do sistema faz-se necessária a utilização de tecnologias de desenvolvimento web e de banco de dados. Dentre as tecnologias de desenvolvimento web se destacam as linguagens de programação Python, Java, Javascript, Go, Ruby, Dart e PHP (IEEE Spectrum, 2021). Já dentre as tecnologias de banco de dados destacam-se o Oracle, o MySQL, o Microsoft SQL Server, o PostgreSQL, o MongoDB e o Redis (DB-Engines, 2021).

Contudo a partir do estudo e análise destas ferramentas, e conforme a Figura 20, utilizou-se o PHP como linguagem para a implementação da aplicação web, empregando para tal o *framework* Laravel. Aliou-se ao desenvolvimento da aplicação web o Javascript e para o gerenciamento do banco de dados empregou-se o PostgreSQL. Estas tecnologias estão descritas nos parágrafos subsequentes.

Figura 20 – Tecnologias adotadas para o desenvolvimento da solução



Fonte: A autora (2022).

A aplicação web é responsiva e está utilizando o PHP 7, que segundo Dall’Oglio

(2018, p.23) possui melhorias “quanto ao desempenho, ao tratamento de erros, à indução a tipos, a novos operadores, entre outros fatores.” Além disso, ela também é uma das tecnologias já empregadas pela Embrapa Pecuária Sul, o que a torna preferível em detrimento das demais. Visando facilitar a implementação do sistema escolheu-se o *framework* que segundo Laravel (2022) fornece “powerful features such as thorough dependency injection, an expressive database abstraction layer, queues and scheduled jobs, unit and integration testing, and more”¹.

O PostgreSQL é um sistema gerenciador de banco de dados (SGBD) relacional gratuito que equipara-se aos principais bancos de dados proprietários (OBE; HSU, 2017). Para Ferrari, Pirozzi e Safari (2020) o PostgreSQL é atrativo devido a sua sólida estabilidade, escalabilidade e segurança, sendo compatível com os 4 princípios essenciais de um SGBD: atomicidade, consistência, isolamento e durabilidade. Este SGBD também é utilizado pela EMBRAPA Pecuária Sul e devido a isto foi escolhido para ser utilizado nesta solução.

Segundo Flanagan (2012), o JavaScript faz parte da tríade para o desenvolvimento web juntamente com o HTML e o CSS, sendo ela uma linguagem “de alto nível, dinâmica, interpretada e não tipada, conveniente para estilos de programação orientados a objetos e funcionais” utilizada para a especificação do comportamento das páginas web. A popularidade do JavaScript se deve ao fato dos servidores a entenderem de modo nativo sem necessidade de um plugin (GRONER, 2019), sendo utilizada no projeto devido a sua capacidade de implementação de funcionalidades mais complexas como a interatividade dinâmica proporcionada pelo AJAX e demais possibilidades advindas da utilização da biblioteca JQuery, representação de dados estruturados com o emprego do JSON e também devido a possibilidade de utilização de bibliotecas como a Chart.JS que será bastante útil na visualização de informações por meio de gráficos responsivos.

¹“recursos poderosos, como injeção de dependência completa, uma expressiva camada de abstração de banco de dados, filas e tarefas agendadas, testes de unidade e integração, e muito mais.” (Tradução nossa).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste capítulo são apresentados os resultados quanto aos algoritmos construídos para o cálculo dos índices, à plataforma SQUADRO-i, sua aplicação prática e testes nela aplicados.

5.1 Algoritmos de cálculo de índices

A metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4) possui uma ferramenta Excel e as fórmulas nela utilizadas para o cálculo de índices foram adaptadas para o uso na plataforma SQUADRO-i.

A SQUADRO-i atualmente conta com o cálculo ao nível de avaliação e ao nível de unidade de avaliação para três elementos: indicador, dimensão e avaliação. Em ambos os níveis, o índice da avaliação é obtido pela média das dimensões e o índice da dimensão pela média dos indicadores, médias ponderadas ou não. Na Figura 21 é apresentado o trecho do código que realiza o cálculo ponderado do índice da dimensão de uma determinada unidade de avaliação. O cálculo não ponderado é realizado pelo cálculo da média direto na *querie* SQL. Tanto ao nível de avaliação quanto ao nível de unidade de avaliação o cálculo do índice da avaliação e das dimensões seguem ao exemplificado.

Figura 21 – Algoritmo PHP do cálculo do índice da dimensão de uma determinada unidade avaliativa

```
94 foreach ($dimensoes as $dimensao) {
95     // Primeiramente calcula os valores e índices dos indicadores,
96     // pois sem eles é impossível calcular o índice da dimensão
97     $indicadorUnidadeAvaliativaService->calcular_indicadores_indices(
98         $dimensao->id, $id_unidadeavaliativa, $periodo_referencia, $id_avaliacao
99     );
100
101     $indice_dimensao = null;
102
103     // Se a avaliação for ponderada o cálculo será realizado com base no peso que o indicador recebeu
104     if ($avaliacao->ponderacaopesos_avaliacao) {
105         $indicadores = $indicadorUnidadeAvaliativaService->buscar_indicador_unidadeavaliativa_por_dimensao(
106             $dimensao->id, $periodo_referencia, $id_unidadeavaliativa
107         );
108
109         foreach ($indicadores as $indicador) {
110             $indice_dimensao = $indice_dimensao + (($indicador->peso_indicador * $indicador->indice_indicador) / 100);
111         }
112     } else {
113         $indice_dimensao = $this->calcular_media_nao_ponderada($dimensao->id, $id_unidadeavaliativa, $periodo_referencia);
114     }
115
116     if ($indice_dimensao !== null) {
117         $this->salvar_indice_dimensao($id_unidadeavaliativa, $dimensao->id, $indice_dimensao, $periodo_referencia);
118     }
119 }
```

Fonte: A autora (2022).

Já o cálculo do índice do indicador é realizado de forma diferente. Ao nível de unidade avaliativa o mesmo segue o apresentado na Figura 22, onde se aplicam os critérios, ou parâmetros, de cálculo que o usuário pré-determina na plataforma SQUADRO-i. Estes critérios determinam se o algoritmo a ser empregado no cálculo do índice será ascendente ou descendente. Ao nível de avaliação, o cálculo dos índices dos indicadores é realizado pelo cálculo da média direto na *querie* SQL.

Figura 22 – Código PHP do cálculo do índice do indicador de uma determinada unidade de avaliação ou unidade avaliativa

```

25 function calcular_indice_indicador($id_unidadeavaliativa, $id_indicador, $periodo_referencia){
26     $indice_indicador = null;
27     $parametrosService = new ParametrosService();
28
29     $parametros_desc = $parametrosService->listar_parametros_por_indicador_desc($id_indicador);
30
31     $indicador_unidadeavaliativa = $this->buscar_indicador_unidadeavaliativa(
32         $id_indicador, $id_unidadeavaliativa, $periodo_referencia
33     );
34
35     if ($indicador_unidadeavaliativa != null) {
36         $valor_indicador = $indicador_unidadeavaliativa->valor_indicador;
37
38         // Busca os parâmetros ordenados pelo critério ascendentemente
39         $parametros_crit = $parametrosService->listar_parametros_por_indicador_crit($id_indicador);
40
41         // Testa se um índice será maior se o valor do indicador for menor
42         // Neste caso se calcula o índice na função de cálculo ascendente
43         if ($parametros_crit[0]->nota_parametro == 100) {
44             $indice_indicador = $this->calcular_indice_asc($parametros_desc, $valor_indicador);
45         }
46
47         // Se o índice for maior se o valor do indicador for também maior
48         // Neste caso se calcula o índice na função de cálculo descendente
49         else {
50             $indice_indicador = $this->calcular_indice_desc($parametros_desc, $valor_indicador);
51         }
52     }
53     return $indice_indicador;
54 }

```

Fonte: A autora (2022).

Como apresentado na Figura 22, a função recebe como entrada o identificador do indicador, o identificador da unidade avaliativa e o período de referência para a qual se deseja calcular este índice. Com estes é realizada uma busca pelo valor que o indicador daquela unidade avaliativa recebeu durante a etapa de coleta. O identificador do indicador também é utilizado para a busca pelos parâmetros que foram determinados para este indicador, ou seja, o conjunto de regras que deverão ser aplicadas para o cálculo de seu índice. Por fim, os parâmetros são utilizados para definir se o algoritmo de cálculo a ser empregado será o ascendente ou o descendente. Quando os parâmetros delimitam que a medida que um indicador for maior, maior será seu índice, o cálculo a ser empregado é o

descendente, do contrário emprega-se o algoritmo de cálculo de índice ascendente.

Estes algoritmos são propostos para realizar o cálculo do índice do indicador com base nos parâmetros definidos para o dito indicador, sendo que qualquer valor intermediário aos parâmetros será calculado para um valor aproximado, ou seja, uma interpolação. Ambos recebem como entrada o conjunto de parâmetros a serem utilizados e o valor do indicador. A classe em que são armazenados os parâmetros possui a nota do parâmetro e o critério do parâmetro como atributos fundamentais, sendo o primeiro o valor a ser atribuído ao índice e o segundo a regra que deverá ser observada para esta atribuição.

O cálculo do índice de forma ascendente (Figura 23) é realizado quando a nota atribuída ao indicador será maior a medida que este indicador possuir um valor menor. Um exemplo na metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4) é o indicador “Independência Financeira” avaliado pela métrica (componente) “Grau de endividamento”, quanto maior o grau de endividamento, menor é o índice deste indicador.

Figura 23 – Algoritmo PHP do cálculo do índice do indicador ascendente

```

99 public function calcular_indice_asc($parametros, $valor_indicador)
100 {
101     $indice_indicador = null;
102
103     if ($valor_indicador <= $parametros[0]->critério_parametro) {
104         $indice_indicador = $parametros[count($parametros) - 1]->nota_parametro;
105     }
106
107     elseif ($valor_indicador >= $parametros[count($parametros) - 1]->critério_parametro) {
108         $indice_indicador = $parametros[0]->nota_parametro;
109     }
110
111     else {
112         for ($i = 0; $i < count($parametros); $i++) {
113             if (($valor_indicador > $parametros[$i]->critério_parametro)
114                 && ($valor_indicador <= $parametros[$i+1]->critério_parametro)){
115
116                 $indice_indicador = $parametros[$i]->nota_parametro
117                     - ($valor_indicador - $parametros[$i]->critério_parametro)
118                     / ($parametros[$i+1]->critério_parametro - $parametros[$i]->critério_parametro)
119                     * ($parametros[$i]->nota_parametro - $parametros[$i+1]->nota_parametro);
120             }
121         }
122     }
123     return $indice_indicador;
124 }

```

Fonte: A autora (2022).

Já o cálculo de índice do indicador de forma descendente (Figura 24) ocorre quando o índice a ser atribuído pelo indicador será maior a medida que este indicador possuir um valor maior. Um exemplo para este caso, constante na metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4) é o indicador “Produção de Leite por Vaca”, avaliado pelo

componente “Produção por vaca (l/dia)”, quanto maior a produção em litros diários por vaca, maior é o índice do indicador.

Figura 24 – Algoritmo PHP do cálculo do índice do indicador descendente

```

64 public function calcular_indice_desc($parametros, $valor_indicador)
65 {
66     $indice_indicador = null;
67
68     if ($valor_indicador >= $parametros[0]->critério_parametro){
69         $indice_indicador = $parametros[0]->nota_parametro;
70     }
71
72     elseif($valor_indicador <= $parametros[count($parametros) - 1]->critério_parametro){
73         $indice_indicador = $parametros[count($parametros) - 1]->nota_parametro;
74     }
75
76     else {
77         for ($i = 0; $i < count($parametros); $i++) {
78             if (($valor_indicador < $parametros[$i]->critério_parametro
79                 && ($valor_indicador >= $parametros[$i+1]->critério_parametro)){
80
81                 $indice_indicador = $parametros[$i]->nota_parametro
82                     - ($valor_indicador - $parametros[$i]->critério_parametro)
83                     / ($parametros[$i+1]->critério_parametro - $parametros[$i]->critério_parametro)
84                     * ($parametros[$i]->nota_parametro - $parametros[$i+1]->nota_parametro);
85             }
86         }
87     }
88     return $indice_indicador;
89 }

```

Fonte: A autora (2022).

No algoritmo ascendente, quando o indicador possuir valor menor ou igual ao primeiro critério da lista de parâmetros, ou seja, o parâmetro de nota máxima 1, a atribuição será feita de maneira imediata. Já para o descendente isto ocorre quando o indicador possuir valor maior ou igual ao primeiro critério da lista de parâmetros. Seguindo esta linha, no ascendente se o valor do indicador for maior ou igual ao último parâmetro da lista, ou seja, o parâmetro de nota mínima 0, também será atribuída a nota diretamente. Para o descendente isto ocorre quando o valor do indicador for menor ou igual ao último parâmetro da lista. Em ambos os algoritmos nos demais casos o cálculo se dará comparando se o valor do indicador está entre determinado critério e o critério abaixo dele, quando a correspondência for verdadeira será aplicada a equação de interpolação.

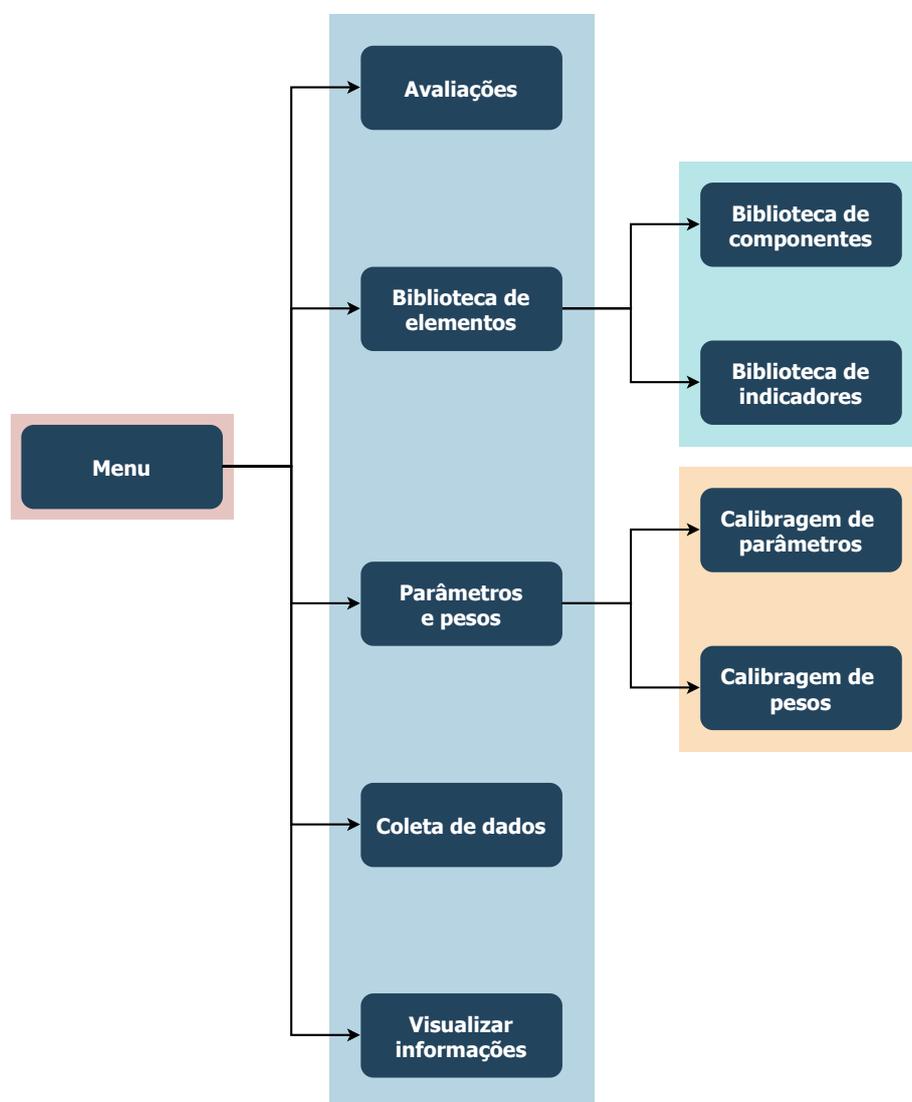
5.2 A plataforma SQUADRO-i

A plataforma SQUADRO-i é uma ferramenta computacional que atualmente está disponível em uma aplicação web e posteriormente contará com um módulo móvel. Esta

ferramenta, apesar de ser baseada na metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4), não está fechada a conter somente as dimensões e indicadores desta. A proposta desta plataforma é ser uma ferramenta genérica, cabível de ser utilizada para avaliações de diferentes tipos. Para tal, a construção de dimensões e indicadores é aberta, cabendo ao usuário o cadastro dos indicadores e dimensões necessários à coleta e visualização de informações.

A estrutura atual do menu da ferramenta é apresentado no SiteMap da Figura 25. Nele estão dispostas as principais funcionalidades da plataforma, dentre elas as etapas de construção de uma avaliação, de coleta de dados e de visualização de informações.

Figura 25 – SiteMap da estrutura de menu

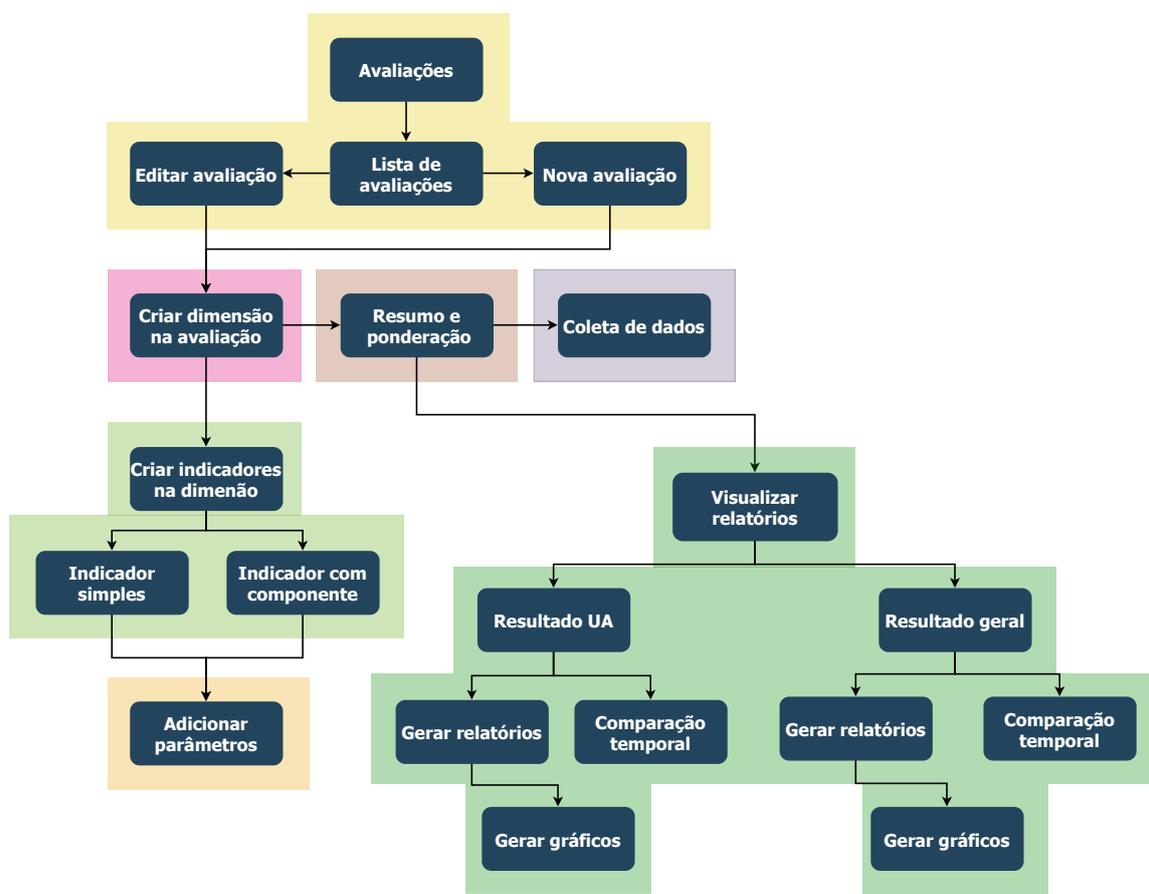


Fonte: A autora (2022).

A construção de uma avaliação é a etapa onde serão delimitadas as dimensões e indicadores que farão parte do diagnóstico de sustentabilidade. É apresentado na Figura

26, o SiteMap da construção de uma avaliação. Este representa todas as possibilidades que podem ser encontradas no caminho de construção de uma avaliação. Vale destacar a tela “Resumo e ponderação”, onde não somente será apresentado o resumo contendo as dimensões e indicadores que foram construídos para a avaliação, como também será possível realizar ajustes quanto a ponderação de índices. Neste SiteMap também é representado o caminho para a visualização de informações através dos gráficos e relatórios, tanto ao nível de avaliação quanto ao nível de unidade de avaliação.

Figura 26 – SiteMap da construção de uma avaliação

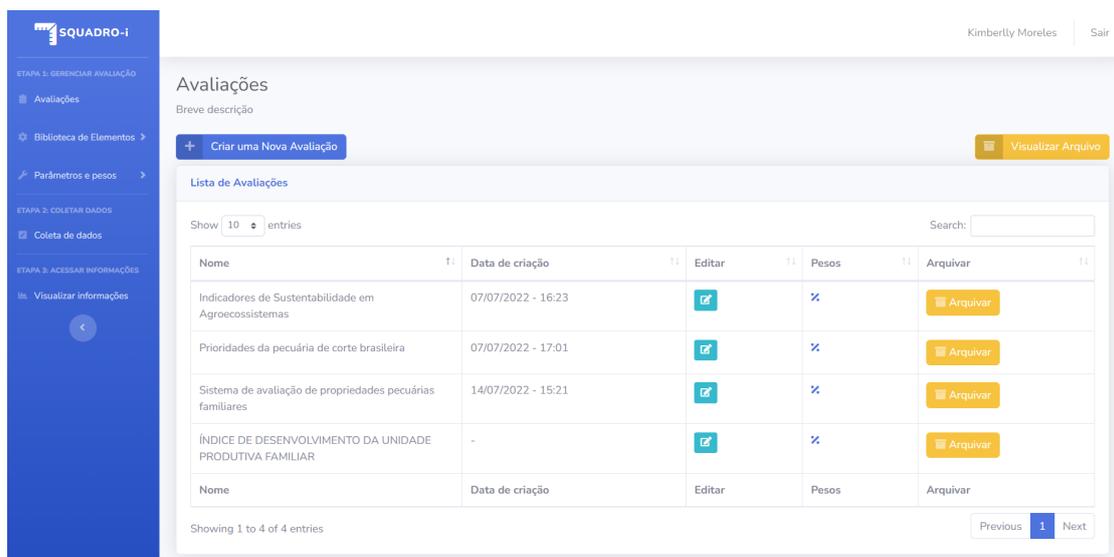


Fonte: A autora (2022).

A primeira tela que o usuário tem contato ao fazer login, é a tela apresentada na Figura 27. Nesta tela é possível criar uma avaliação, gerenciar avaliações existentes e também arquivá-las.

Ao criar a avaliação, o usuário escolhe o tipo de dado de entrada que será utilizado na etapa de coleta de dados: quantitativo com entrada de indicador absoluto, qualitativo com entrada de indicador na escala de Likert e quantitativo com entrada de indicador normalizado. O quantitativo absoluto se refere a entrada de um indicador que não possui

Figura 27 – Tela inicial onde são gerenciadas as avaliações



Fonte: A autora (2022).

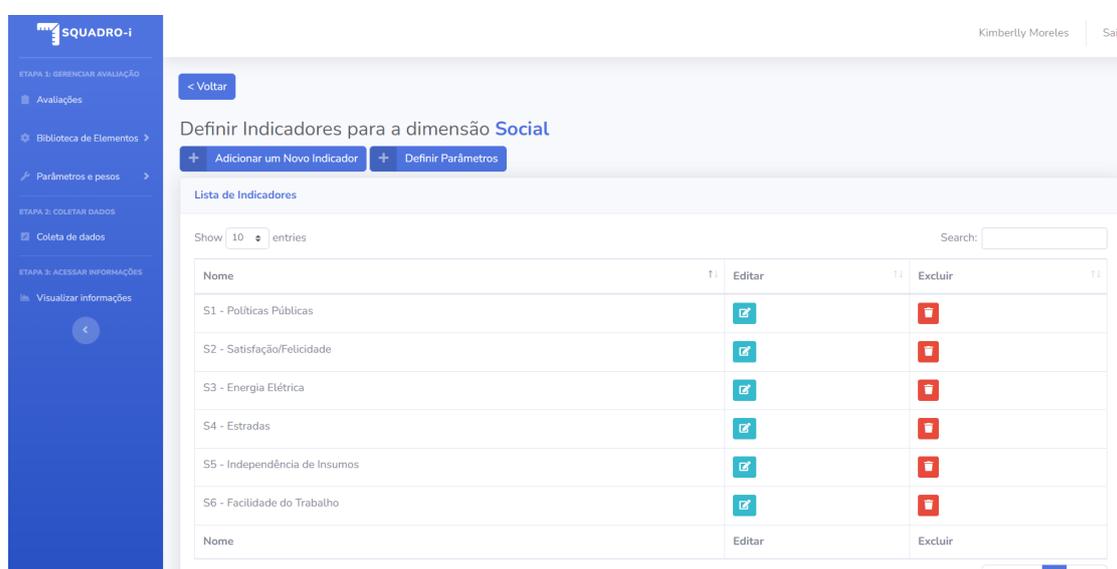
um índice calculado, o quantitativo normalizado ao indicador que já possui um índice calculado e o qualitativo na escala de Likert se referindo a um indicador que terá como entrada uma das cinco opções qualitativas: muito baixo ($0 < 0,2$), baixo ($0,2 < 0,4$), médio ($0,4 < 0,6$), alto ($0,6 < 0,8$) e muito alto ($0,8 \leq 1$). A avaliação toda é definida por um destes tipos, não podendo haver indicadores com tipos de dado de entrada diferentes dentro de uma mesma avaliação. Apesar de serem diferentes, todos esses tipos fazem parte do indicador do tipo quantitativo simples.

Uma avaliação só poderá ser totalmente excluída da plataforma quando já estiver arquivada. Isto para evitar que uma avaliação seja excluída por engano, já que os dados de uma avaliação não poderão ser recuperados após a exclusão total. Ao criar uma avaliação, ou editá-la, o usuário é direcionado à tela de dimensões. É nesta página que as dimensões que compõem uma avaliação são gerenciadas. Também nela é possível acessar a página que gerencia os indicadores por dimensão e ver quantos indicadores já foram atribuídos a cada uma das dimensões. A inserção de avaliações, dimensões e indicadores é ilimitado.

Ao entrar no gerenciamento de indicadores o usuário é direcionado a tela da Figura 28. Nela são atribuídos indicadores para a dimensão a partir da qual esta página foi chamada. Como dito anteriormente, um indicador sempre irá possuir um componente a ele vinculado e ao clicar em adicionar um novo indicador, o usuário terá duas opções de inserção: indicador simples ou indicador com componente. Ao inserir um indicador simples, o componente será criado de forma simultânea com o mesmo nome do indicador.

Já ao inserir um indicador com componente, primeiramente será necessário vincular um componente já existente ao indicador que está sendo criado. Em caso da avaliação ser do tipo de dado de entrada quantitativo absoluto, na página de indicadores irá conter o botão que encaminha para a página de parâmetros. Esta tela contém uma lista com todas as avaliações que o usuário possui que forem do tipo quantitativo com entrada de indicador absoluto. Ao selecionar uma destas avaliações, o usuário poderá navegar entre as dimensões e indicadores que a compõe e ir inserindo os critérios de cálculo de índices para cada um destes indicadores.

Figura 28 – Tela apresentando a lista de indicadores de uma dimensão



Fonte: A autora (2022).

Terminada a inserção de indicadores, o usuário retorna a página de dimensões e então poderá adicionar mais dimensões e indicadores a sua avaliação ou seguir adiante para a tela de resumo e ponderação (Figura 29).

Na página de resumo e ponderação (Figura 29), além de visualizar as dimensões e os indicadores que as compoem, também será possível determinar se a avaliação será ponderada ou não. Os diagnósticos deverão possuir dimensões que juntas somem 100%, da mesma forma o conjunto de indicadores de cada dimensão também deverá somar 100%. Ao confirmar que o diagnóstico terá médias ponderadas, aparecerá a estrutura que permite a determinação de quais pesos cada uma das dimensões e indicadores possuirão. Nesta fase o sistema irá informar sugestões de valores para os pesos e também irá informar se estes pesos chegaram ou não a 100%.

Ainda nesta tela (Figura 29) constam botões para o direcionamento para a tela de

Figura 29 – Tela apresentando o resumo da avaliação e ajustes de ponderação

Kimberly Moreles | Sair

< Voltar

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE PRODUTIVA FAMILIAR (ID-UPF)

Os pesos desta avaliação serão ponderados?
 Sim Não

Coletar dados Ir para relatórios

O somatório de pesos das dimensões totalizou 100%.

DIMENSÃO: Ambiental PESO: 25 Editar

Indicadores	Pesos (%)	Editar
Manejo do Esgoto	3,77229080932785	Edit
Manejo do Lixo Orgânico	3,77229080932785	Edit

Fonte: A autora (2022).

coleta de dados e para a visualização de informações. Vale ressaltar que estas páginas podem ser acessadas via menu.

Ao entrar na coleta de dados, a primeira etapa apresenta a tela de gerenciamento de unidades de avaliação, ou unidades avaliativas. Para abrir o formulário de coleta (Figura 30), seleciona-se dentre a lista de unidades de avaliação presentes para qual unidade de avaliação será feita a coleta.

Figura 30 – Formulário de coleta de dados gerados na SQUADRO-i

Coleta de Dados parte 2/2
Coleta dos valores dos indicadores

DADOS DA AVALIAÇÃO

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE PRODUTIVA FAMILIAR (ID-UPF)

DADOS DA UNIDADE DE AVALIAÇÃO

Nome 10
Derrubadas-RS

Selecionar período de referência: Usar outro período de referência:

Digitar período ao lado Recarregar

Ambiental Social

A1 - Manejo do Esgoto un Salvar

A2 - Manejo do Lixo Orgânico un Salvar

A3 - Manejo do Lixo Inorgânico un Salvar

A4 - Manejo de Embalagens

S1 - Políticas Públicas - Soma de Políticas Públicas un Salvar

S2 - Satisfação/Felicidade - Nível de Satisfação un Salvar

S3 - Energia Elétrica un Salvar

S4 - Estradas - Condição de Acesso à Propriedade

Fonte: A autora (2022).

O formulário de coleta de dados (Figura 30) contém a lista de indicadores organizados por dimensão e seus respectivos campos para preenchimento. Este é carregado de forma dinâmica via função assíncrona. Além de conter as perguntas referentes ao levantamento dos indicadores, o formulário também recebe o período de referência ao qual a coleta se refere.

Na página de visualização de informações são listadas todas as unidades de avaliação. A partir delas é possível selecionar a visualização de relatórios e gráficos, ou a comparação temporal entre dois períodos de referência.

A visualização de relatórios apresenta o índice da avaliação, as dimensões com seus índices e também a lista de indicadores agregados a ela, estes últimos apresentam os valores a eles atribuídos juntamente com os índices calculados. Estas informações são apresentadas tanto ao nível de unidade de avaliação, ao selecionar a visualização de relatórios de uma unidade de avaliação, quanto ao nível de avaliação, ao selecionar a visualização geral. Ao entrar nos relatórios, o usuário poderá também acessar a página que apresenta os gráficos radiais de todas as dimensões empregadas no diagnóstico.

Isto também ocorre com a comparação temporal, onde é possível visualizar comparativos tanto ao nível de avaliação, quanto ao nível de unidade de avaliação (Figura 31). Nesta página, assim como na de visualização de relatórios, é apresentada a lista de dimensões com seus respectivos indicadores, porém mostrando apenas os índices destes elementos organizados pelo período de referência mais antigo e o mais recente.

Figura 31 – Página apresentando a comparação temporal de uma determinada avaliação



ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE PRODUTIVA FAMILIAR (ID-UPF)				
	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Índices avaliação	0.61 (Alto)	0.59 (Médio)	Piorou	0,02
	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Dimensão Ambiental	0.66 (Alto)	0.63 (Alto)	Constante	0.03
Manejo do Esgoto	0.80 (Muito alto)	0.76 (Alto)	Piorou	0,04
Manejo do Lixo Orgânico	1.00 (Muito alto)	1.00 (Muito alto)	Constante	-
Manejo do Lixo Inorgânico	0.00 (Muito baixo)	0.00 (Muito baixo)	Constante	-
Manejo de Embalagens	0.75 (Alto)	0.80 (Muito alto)	Melhorou	0,05
Manejo de Dejetos de Animais	0.88 (Muito alto)	0.70 (Alto)	Piorou	0,18
Manejo de Resíduos Agrícolas	0.63 (Alto)	0.50 (Médio)	Piorou	0,13
Manejo do Solo	0.47 (Médio)	0.57 (Médio)	Constante	0,10
Conservação do Solo	1.00 (Muito alto)	1.00 (Muito alto)	Constante	-
Adequação da Reserva Legal	0.38 (Baixo)	0.30 (Baixo)	Constante	0,08
Adequação App	0.50 (Médio)	0.40 (Médio)	Constante	0,10

Fonte: A autora (2022).

Além de mostrar os índices do período mais antigo e do mais recente, nesta tela também é apresentado um comparativo entre estes períodos, ou seja, é mostrado se aquele índice melhorou, piorou ou se manteve constante. Para que um índice não seja considerado constante, o mesmo não deve permanecer na mesma faixa de valores da escala de Likert em que se mantinha no período anterior, ou seja, se o valor que o índice do indicador possuía correspondia a faixa de valor “baixo” o mesmo só não será considerado constante se decrescer para a faixa “muito baixo” ou crescer para a faixa “médio”. Ao lado deste comparativo, independente de mudança de faixa de valores, é apresentada a taxa de variação que aquele índice apresentou entre os períodos, exceto quando não há variação.

5.3 Aplicação prática da ferramenta

Nesta seção serão apresentados os resultados quanto a aplicação prática da plataforma SQUADRO-i em diferentes cenários de avaliação e os testes nela aplicados.

5.3.1 Pecuária de leite: Aplicação da SQUADRO

A metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4) traz um conjunto de indicadores para a avaliação de sustentabilidade de unidades produtivas familiares com atividade leiteira. Como apresentado na Subseção 2.5.4, ela conta com 36 indicadores divididos em 4 dimensões: produtiva, econômica, ambiental e social.

Por ser utilizada como base para o desenvolvimento da SQUADRO-i, a metodologia SQUADRO foi empregada em testes ao longo de todo o desenvolvimento da plataforma. Por meio desta metodologia, identificaram-se os principais tipos de indicadores, a necessidade de implementação de um algoritmo de cálculo de índice descendente e também de um ascendente. Além disso, para fins de validação, foram empregados os dados coletados de 3 anos de estudo no município de Derrubadas, sendo que os resultados de 2014 entregues pela SQUADRO-i foram comparados com os obtidos via planilha.

Inicialmente esta comparação ocorreu com a sistematização dos indicadores e dimensões da metodologia SQUADRO, na plataforma SQUADRO-i, assim como a atribuição de pesos e parâmetros. Para esta avaliação o tipo de dado de entrada foi o

quantitativo absoluto. Em seguida, foram inseridos os dados coletados no ano de 2014 das 5 primeiras propriedades constantes na planilha. Para fins de comparação, ajustou-se a planilha para realizar o cálculo destas 5 unidades de avaliação ao invés das 60 que nela estão presentes. Validados os resultados apresentados nos relatórios e gráficos tanto ao nível de avaliação, quanto ao nível de unidade de avaliação, passou-se a inserção dos demais anos do estudo para a comparação temporal (Figura 32).

Figura 32 – Comparação temporal na SQUADRO-i

	2014	2016	Desempenho/Status	Variação
Índices avaliação	0,61 (Alto)	0,59 (Médio)	Piorou	0,02

	2014	2016	Desempenho/Status	Variação
Dimensão Ambiental	0,66 (Alto)	0,63 (Alto)	Constante	0,03
Manejo do Esgoto	0,80 (Muito alto)	0,76 (Alto)	Piorou	0,04
Manejo do Lixo Orgânico	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Manejo do Lixo Inorgânico	0,00 (Muito baixo)	0,00 (Muito baixo)	Constante	-
Manejo de Embalagens	0,75 (Alto)	0,80 (Muito alto)	Melhorou	0,05
Manejo de Dejetos de Animais	0,88 (Muito alto)	0,70 (Alto)	Piorou	0,18
Manejo de Resíduos Agrícolas	0,63 (Alto)	0,50 (Médio)	Piorou	0,13
Manejo do Solo	0,47 (Médio)	0,57 (Médio)	Constante	0,10
Conservação do Solo	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Adequação da Reserva Legal	0,38 (Baixo)	0,30 (Baixo)	Constante	0,08
Adequação App	0,50 (Médio)	0,40 (Médio)	Constante	0,10
Manejo da Pastagem	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-

Fonte: A autora (2022).

Ao inserir os dados dos demais anos para estas 5 propriedades, ocorreu a divergência de nome de duas delas. Desta forma optou-se por trocá-las por unidades de avaliação presentes nos 3 anos de estudo. Uma parte do resultado da comparação temporal destas 5 propriedades é apresentado na Figura 32, a comparação completa é encontrada

no Apêndice B. Apesar de a comparação temporal estar prevista na metodologia original, para a comparação temporal não houve a possibilidade de verificar os resultados obtidos na SQUADRO-i com as planilhas. Isto porque cada planilha corresponde a um ano de estudo diferente, não havendo uma planilha que traga os resultados comparados das coletas realizadas em Derrubadas.

Como dito anteriormente, a plataforma considera que um indicador melhorou ou piorou se o mesmo mudar seu valor de forma que seja classificado em outra faixa da escala de Likert. Na Figura 32 podemos observar a presença de valores que melhoraram, pioraram e se mantiveram constantes entre os anos de 2014 e 2016. Vale ressaltar que na versão atual a plataforma apenas compara o período de referência de menor valor com o de maior valor. Ainda na Figura 32 podemos observar a taxa de variação absoluta entre os valores comparados, este valor é apresentado independentemente do desempenho constatado na comparação com exceção do caso em que o valor não muda.

Além de verificar se os resultados dos relatórios e gráficos obtidos na SQUADRO-i foram os mesmos obtidos na planilha da metodologia SQUADRO, também procedeu-se a validação da ferramenta com um dos profissionais envolvidos no estudo realizado em Derrubadas (Subseção 5.4.3).

5.3.2 Pecuária de corte: Sistema de avaliação de desempenho em propriedades pecuárias familiares

No estudo realizado por Pacheco (2020), foi definido um conjunto de indicadores para a avaliação de desempenho da atividade de produtores da pecuária de corte familiar da região do Alto do Camaquã. Nesse trabalho foram obtidos 12 indicadores organizados em quatro dimensões. Estes são apresentados na Tabela 5.

Apesar de ainda não haver coleta de dados para os indicadores deste estudo, a inserção destes na ferramenta SQUADRO-i denotou a capacidade da plataforma de comportar indicadores advindos de outros tipos de sistemas produtivos. Para a construção dessa avaliação foi empregado o tipo de dado de entrada qualitativo na escala de Likert, portanto, não foi necessária a definição de parâmetros de cálculo de índice. Também não foi necessária a delimitação de pesos para os indicadores e dimensões.

Assim como Pacheco (2020) validou estes indicadores com a produtora da região de Palmas e também presidente em exercício da AGrUPA, da mesma forma a plataforma SQUADRO-i foi validada juntamente a esta produtora. Para tal, foi realizada uma coleta

Tabela 5 – Conjunto de indicadores para a avaliação da atividade de produtores da pecuária de corte familiar da região do Alto do Camaquã

Ambiental	
Indicador Geral	Indicador Específico
Disponibilidade de água	Disponibilidade e quantidade de água Preservação das fontes de água
Conservação da mata nativa	Conservação da mata nativa
Manejo de resíduos orgânicos e inorgânicos	Resíduos orgânicos Resíduos inorgânicos perigosos

Produtiva	
Indicador Geral	Indicador Específico
Motivação	Eficiência de produção Permanência
Qualidade dos produtos	Raça dos carneiros Peso e idade dos carneiros
Melhoria dos índices zootécnicos	Índice de reprodução de bovinos e ovinos Índice de sobrevivência

Econômica	
Indicador Geral	Indicador Específico
Posse de terras	Terra própria e/ou arrendada
Renda familiar	Renda familiar
Uso de tecnologias	Sistemas informatizados de gestão Forragens

Social	
Indicador Geral	Indicador Específico
Acesso à propriedade	Acesso à propriedade
Educação	Acesso Conteúdo
Sucessão familiar	Sucessão familiar

Fonte: Adaptado de Pacheco (2020).

de dados teste com os indicadores definidos no estudo de Pacheco (2020). Esta coleta teve por objetivo apresentar a ferramenta para que esta produtora pudesse avaliá-la. Os resultados de aceitabilidade são apresentados na Subseção 5.4.3.

5.3.3 Agricultura: Análise da sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina no município de Matinhas, Paraíba

Utilizando-se do IDEA (Subseção 2.5.3) e do IDAS (Índice de Desenvolvimento Agrícola Sustentável), Gonçalves, Lira e Sousa (2016) propõem um conjunto de indicadores (Figura 33) para a avaliação de sustentabilidade da produção agrícola familiar

de tangerina no município de Matinhas-PB.

Figura 33 – Indicadores de avaliação da agricultura familiar na produção de tangerina para Matinhas-PB e seus respectivos pesos

DIMENSÃO: Gestão Ambiental		PESO: 25 Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar
Diversidade na atividade agrícola	83,3	Editar
Uso de fertilizantes e agrotóxicos	83,3	Editar
Manejo	83,3	Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar

DIMENSÃO: Socioeconômica		PESO: 25 Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar
Interesse pela atividade	50	Editar
Rendimentos da atividade	50	Editar
Segurança	50	Editar
Independência Financeira	50	Editar
Vulnerabilidade do sistema	50	Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar

DIMENSÃO: Socioterritorial		PESO: 25 Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar
Qualidade de vida	41,7	Editar
Moradia e escolaridade	41,7	Editar
Propriedade	41,7	Editar
Mão de obra	41,7	Editar
Trabalho coletivo	41,7	Editar
Políticas agrícolas	41,7	Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar

DIMENSÃO: Uso dos recursos naturais		PESO: 25 Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar
Solo e água	125	Editar
Preservação	125	Editar
Indicadores	Pesos (%)	Editar

Fonte: A autora (2022).

Os dados foram coletados em 22 propriedades rurais e estes são apresentados no trabalho, possibilitando assim não somente a aplicação na SQUADRO-i dos indicadores

definidos, como também dos dados coletados e posterior comparação de resultados.

Para a aplicação na SQUADRO-i optou-se pelos índices normalizados apresentados no estudo. Além disso, apesar da ferramenta não acusar erro quanto ao número de casas decimais empregados na definição de pesos, foram realizados ajustes nas casas decimais dos pesos apresentados no estudo para os indicadores visando que os resultados dos cálculos dos índices das dimensões pudessem ser comparados. A lista de indicadores com seus respectivos pesos são apresentadas na Figura 33. As 22 coletas apresentadas no estudo foram submetidas à SQUADRO-i e os resultados de cálculo de índices foram comparados.

Os índices das dimensões possuíram pequenas variações na SQUADRO-i quando comparados os resultados, acredita-se que isso se deve ao número de casas decimais que na SQUADRO-i foram limitadas ao constante no estudo. Já o cálculo do índice geral não pôde ser comparado com os resultados apresentados na SQUADRO-i por ser uma metodologia diferente. Na SQUADRO-i os índices de dimensões e índice geral da avaliação são realizados pelo cálculo da média simples ou ponderada, já o apresentado no estudo de Gonçalves, Lira e Sousa (2016) o cálculo do índice geral da avaliação é realizado por meio de um somatório.

Devido à proposta da SQUADRO-i ser um sistema genérico que possibilite o emprego de diferentes tipos de avaliação conforme a necessidade, o método de cálculo de índice geral de avaliação constante no estudo de Gonçalves, Lira e Sousa (2016) nos abre a possibilidade, em um trabalho futuro, estar estudando a viabilidade de implementação deste método de cálculo de índice.

Para esta aplicação prática não foi realizado teste de aceitabilidade da plataforma SQUADRO-i.

5.3.4 Pecuária de corte: Prioridades da pecuária de corte brasileira - 2018/2019

LAMPERT et al. (2021) fizeram um levantamento das principais prioridades da pecuária de corte brasileira. Os dados foram coletados entre 2018 e 2019 por meio de um formulário *web* divulgado em diferentes plataformas de comunicação. A pesquisa continha 39 perguntas organizadas em 5 áreas temáticas: saúde e bem-estar animal, nutrição animal e forrageiras, melhoramento animal, gestão e sistemas de produção, e, ciência e tecnologia da carne.

Na SQUADRO-i foram empregados os percentuais de prioridade por biomas como

coleta, sendo possível obter o índice médio de prioridades por dimensão e por bioma. Na Figura 34 são apresentados os gráficos de prioridades do bioma Pampa para a pecuária de corte gerados na SQUADRO-i.

Figura 34 – Gráficos das prioridades do bioma Pampa para a pecuária de corte



Fonte: A autora (2022).

O emprego da SQUADRO-i na avaliação das prioridades da pecuária de corte é um dos exemplos para emprego da plataforma em outros cenários avaliativos. Desta forma foi possível observar a capacidade da plataforma em realizar avaliações genéricas.

Neste caso, o teste de aceitabilidade da SQUADRO-i foi realizada pelo autor da pesquisa e suas considerações são apresentadas da Subseção 5.4.3.

5.4 Testes de software

Nesta seção são descritos os resultados obtidos do teste funcional, teste de segurança e teste de aceitação da plataforma SQUADRO-i.

5.4.1 Teste funcional

Segundo Pressman e Maxim (2016), o teste funcional, também chamado de caixa-preta ou comportamental, é focalizado no domínio das informações. Por meio dele é possível detectar os seguintes erros:

[...] (1) funções incorretas ou ausentes, (2) erros de interface, (3) erros em estruturas de dados ou acesso a bases de dados externas, (4) erros de comportamento ou de desempenho e (5) erros de inicialização e término. (PRESSMAN; MAXIM, 2016, p. 509)

A técnica empregada para o teste funcional foi o particionamento de equivalência, um método que segundo Pressman e Maxim (2016, p. 511) “divide o domínio de entrada de um programa em classes de dados a partir das quais podem ser criados casos de teste”. Os requisitos testados durante o desenvolvimento foram os envolvidos no cálculo de índices realizados pela plataforma.

Foram aplicadas como entradas válidas os dados constantes na planilha da metodologia SQUADRO (Subseção 2.5.4). Isto devido a esta planilha conter não somente os dados coletados para o município de Derrubadas, como também apresentar calculados os índices de indicadores, dimensões e avaliação, tanto ao nível de avaliação quanto ao nível de unidade de avaliação.

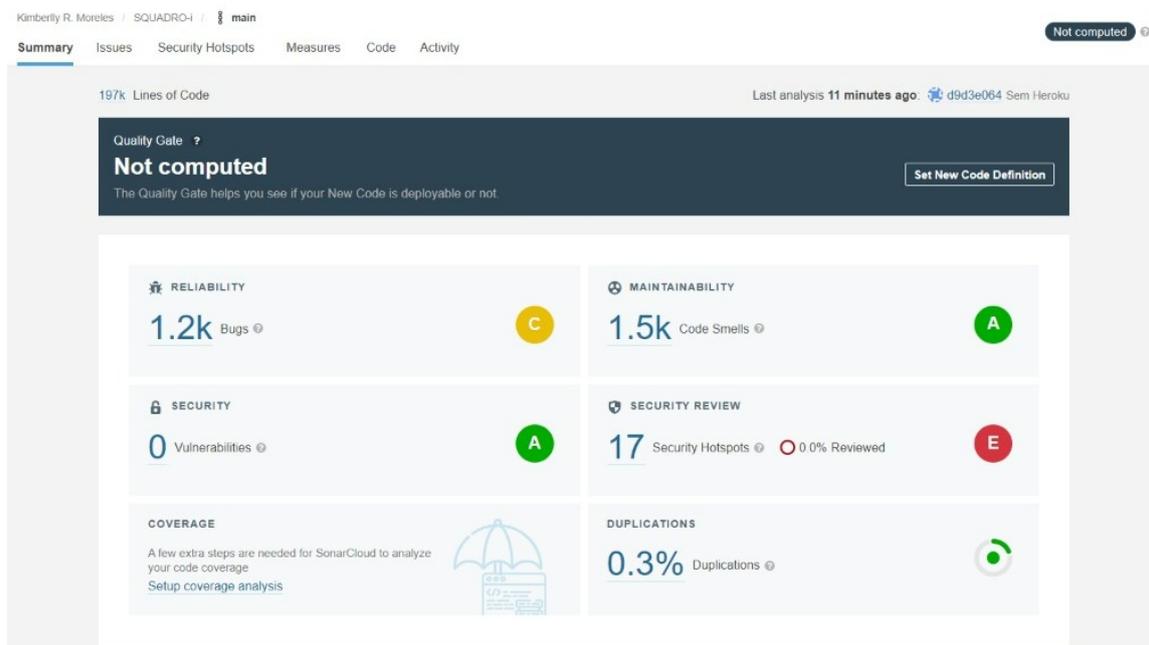
5.4.2 Teste de segurança

Para Pressman e Maxim (2016) os testes de segurança investigam vulnerabilidades tanto no lado do cliente quanto no lado do servidor. O autor também menciona o uso de ferramentas de teste de segurança explicando que geralmente estas são empregadas em ambiente de desenvolvimento, verificando a possível existência de *scripts* que possam ser utilizados para alterar as funcionalidades da aplicação.

A SQUADRO-i foi verificada pela ferramenta SonarCloud (SonarCloud, 2022) e esta analisou o código-fonte presente no sistema de controle de versões empregado no desenvolvimento. A Figura 35 mostra o relatório apresentado pela SonarCloud.

A ferramenta classificou a SQUADRO-i como nível C em confiabilidade por detectar ao menos um grande *bug*. Já em manutenibilidade a classificação foi A por conter uma razão de *technical debt* ou dívida técnica menor que 5%. Segundo Gomes (2014) o princípio por trás do termo dívida técnica se refere ao fato de que diminuir a qualidade de desenvolvimento aumenta seu tempo à longo prazo. A SonarCloud não identificou

Figura 35 – Relatório de teste de segurança gerado pela SonarCloud para a plataforma SQUADRO-i



Fonte: A autora (2022).

nenhuma vulnerabilidade que necessite de atenção imediata na SQUADRO-i dando uma classificação A para esta categoria. A revisão de pontos de segurança foi classificada como E, por haver pontos de acesso sensíveis à segurança que precisam de revisão. A ferramenta de segurança também encontrou uma taxa de duplicação de código de 0,3%. Além deste relatório, a ferramenta marcou trechos de código a serem revisados.

5.4.3 Teste de aceitação

Como dito anteriormente, a SQUADRO-i foi apresentada para três possíveis clientes que possuem conhecimento do processo avaliativo de sistemas produtivos. A plataforma foi apresentada com avaliações relacionadas à área de cada um e após foi a eles enviado um formulário do Google Forms contendo 10 assertivas baseadas no modelo de aceitação de tecnologia (DAVIS, 1989), estas classificadas nos eixos: utilidade percebida (UP), facilidade de uso percebida (FP), atitude para uso (AU) e intenção comportamental (IC). As respostas foram estabelecidas em uma escala de Likert de 5 pontos variando entre os extremos concordo totalmente e discordo totalmente. A relação de assertivas pode ser encontrada na Tabela 6 e além delas, cada eixo apresentou um campo opcional

para inserção de considerações.

Tabela 6 – Perguntas aplicadas no formulário de aceitabilidade da plataforma SQUADRO-i

Eixos	Assertivas
Utilidade percebida (UP)	UP1 - A SQUADRO-i aumenta a qualidade de avaliação dos diagnósticos que realizo, devido a presença de relatórios e gráficos anuais, e a comparação temporal.
	UP2 - Utilizar a SQUADRO-i me permitirá realizar diagnósticos em menos tempo.
Facilidade de uso percebida (FP)	FP1 - Acho a plataforma SQUADRO-i fácil de usar.
	FP2 - Eu utilizaria a SQUADRO-i com mais frequência se fosse mais fácil usá-la.
	FP3 - Me sinto confiante em utilizar a SQUADRO-i mesmo se não houver alguém por perto para mostrar como utilizá-la.
Atitude para uso (AU)	AU1 - Eu gosto da ideia de utilizar a SQUADRO-i para realizar diagnósticos.
	AU2 - Acredito que a SQUADRO-i não se adequa às necessidades que tenho.
	AU3 - Utilizarei a SQUADRO-i com frequência no futuro.
Intenção comportamental (IC)	IC1 - Recomendarei a SQUADRO-i para outros colegas da área.
	IC2 - Prefiro as planilhas que uso atualmente do que a SQUADRO-i.

Fonte: A autora (2022).

A primeira assertiva (UP1), que visava avaliar a possibilidade da SQUADRO-i aumentar a qualidade de avaliação dos diagnósticos realizados, os respondentes foram unânimes em “concordo totalmente”. Na UP2, onde é avaliado o potencial da plataforma realizar diagnósticos em menos tempo, as respostas variaram entre “concordo totalmente” e “concordo”. O primeiro eixo (UP) foi o único que recebeu a seguinte consideração:

"Muito interessante o uso dessa ferramenta porque além de nos permitir acompanhar o desempenho da propriedade, nos faz avaliar nossas práticas e nossos objetivos."

Na FP1 foi avaliada a facilidade de uso da plataforma, as respostas variaram entre “concordo totalmente” e “concordo” que a plataforma é fácil de utilizar. A FP2 questionou se a frequência de utilização da plataforma seria maior se a mesma fosse mais fácil de ser utilizada, um respondedor concordou com a afirmação e os demais discordaram totalmente. Na proposição FP3 os avaliadores se mostraram confiantes em utilizar a ferramenta mesmo sem a presença de alguém que lhe mostrasse como utilizá-la.

Na AU1 os avaliadores demonstraram gostar da ideia de utilizar a SQUADRO-i para realizar diagnósticos. A proposição AU2 trazia a afirmativa de que a SQUADRO-i não se adequa às necessidades tidas pelos respondentes, um deles discordou e os demais discordaram totalmente. A AU3 afirmava que o respondedor utilizaria a SQUADRO-i com frequência futuramente, as respostas variaram entre “concordo totalmente” e “concordo”.

A IC1 visou avaliar se os respondentes recomendariam a SQUADRO-i para outros colegas da área e todos eles concordaram totalmente com a afirmação. Já a IC2 perguntou se os avaliadores preferiam as planilhas utilizadas atualmente do que a SQUADRO-i, um deles discordou e os demais discordaram totalmente.

Todos os respondedores deixaram uma consideração final ao término do questionário, as mesmas são apresentadas na Tabela 7.

Tabela 7 – Considerações finais obtidas no formulário de aceitabilidade da plataforma SQUADRO-i para os 3 avaliadores

“Ferramenta dinâmica e muito útil para estudo das diversas realidades do meio rural. Trará mais agilidade ao mesmo tempo em que diminuirá erros que ocorrem com as planilhas utilizadas atualmente.”
“Com o uso destas plataformas digitais esperamos ter um diagnóstico mais preciso de nossa comunidade de modo a poder solicitar políticas públicas mais adequadas as nossas necessidades..”
“O sistema tem um excelente potencial de uso em outras aplicações também.”

Fonte: A autora (2022)

Observa-se que as avaliações da SQUADRO-i foram bastante positivas para os eixos de utilidade percebida, atitude para uso e intenção comportamental. A facilidade de uso percebida denotou ter pontos a serem melhorados, pois, das respostas das assertivas, uma (FP2) demonstrou a possibilidade de a ferramenta não ser utilizada com tanta frequência devido a sua dificuldade, o que leva a trabalhos futuros visando estratégias para facilitar o uso da ferramenta. Porém, as demais assertivas demonstraram que os respondentes acharam fácil a utilização da ferramenta e também se mostraram confiantes em utilizá-los sozinhos o que pode nos levar a crer que a pergunta FP2 pode ter sido respondida erroneamente. Em suma, os resultados mostram que esta é uma ferramenta que possui utilidade, potencial de melhorar os processos avaliativos, auxiliar na busca por políticas públicas e com possibilidade de emprego em diferentes tipos de avaliações.

5.5 Discussões

A plataforma mostrou-se capaz de realizar os cálculos de índice nela testados, com os dois algoritmos construídos: cálculo de índice ascendente e cálculo de índice descendente. Além disso, ela realiza cálculos de índices de dimensão e de avaliação tanto ao nível de avaliação quanto ao nível de unidade de avaliação. Estes últimos também foram aplicáveis não somente na metodologia SQUADRO como também em avaliações de outros sistemas produtivos, com exceção do estudo aplicado na agricultura, cujo índice geral da avaliação por propriedade é realizado com um somatório.

A ferramenta conta com as funcionalidades de construção de avaliação, suas dimensões e os indicadores a serem avaliados no diagnóstico. Também é possível determinar se a avaliação necessita de pesos para cálculo de seus índices e no caso da avaliação ser do tipo quantitativo absoluto, determinar quais são os parâmetros de cálculo de índice do indicador.

A plataforma conta com um módulo de coleta de dados e um módulo de visualização de informações, este último podendo ser feito em relatórios individuais anuais por propriedade ou geral da avaliação. Também é possível realizar um comparativo entre o menor e o maior período de referência para o qual se realizou coleta, podendo assim comparar temporalmente a evolução dos índices dos indicadores coletados.

A SQUADRO-i foi testada em quatro aplicações práticas. A primeira na pecuária de leite, empregando a metodologia SQUADRO que foi a base de construção da plataforma. A segunda aplicação foi na pecuária de corte, esta com indicadores elaborados para a avaliação de desempenho da atividade de produtores da pecuária de corte familiar da região do Alto do Camaquã. Na terceira aplicação avaliou-se a sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina na Paraíba, avaliação esta que empregou o método IDEA e o IDAS. Por fim, testou-se na plataforma um estudo de prioridades da pecuária de corte brasileira.

No estudo realizado para a pecuária de leite a ferramenta demonstrou ser capaz de comportar todos os indicadores testados e calcular os índices necessários para avaliação. Porém, este diagnóstico utiliza a metodologia que foi base da construção da plataforma, portanto, os resultados positivos já eram esperados.

Na avaliação da pecuária de corte foram empregados indicadores de um sistema produtivo diferente do qual a plataforma se baseou. Apesar de não haver dados para comparar os resultados finais, a plataforma demonstrou-se capaz de comportar outros

tipos de indicadores.

Quanto a avaliação na agricultura, além de demonstrar a possibilidade de comportar outros tipos de indicadores, também identificou-se que a plataforma foi capaz de calcular o índice de dimensão por propriedade, porém devido à metodologia do estudo ser outra, o cálculo de índice da avaliação por propriedade não pôde ser comparado.

A avaliação das prioridades da pecuária de corte serviu para determinar que a plataforma é capaz não somente de fazer avaliações de diagnóstico de sustentabilidade, como também de fazer avaliações de desempenho de outros tipos. Desta forma, observou-se a capacidade da SQUADRO-i realizar avaliações genéricas e, neste caso, observar o índice médio de prioridades da pecuária de corte por bioma.

Os testes empregados foram determinantes na definição de procedimentos a serem realizados na construção da plataforma. O teste funcional demonstrou algumas funcionalidades que deveriam ser adaptadas e melhoradas para comportar diversos tipos de indicadores. Já o teste de segurança demonstrou algumas melhorias a serem feitas para que a ferramenta possa trazer mais segurança em seu uso. Por fim, o teste de aceitação trouxe resultados positivos em relação à importância da ferramenta em seu contexto e também possíveis melhorias a serem realizadas quanto a sua facilidade de uso. Neste último teste, a ferramenta também demonstrou ser útil, cabível de aplicação em outros tipos de avaliação e de proporcionar diagnósticos que direcionem à aplicação de políticas públicas adequadas às necessidades da região avaliada.

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A construção de um diagnóstico de sustentabilidade é uma tarefa complexa que envolve diferentes interesses a depender do objeto de estudo. A variabilidade de locais, características econômicas, condições ambientais, entre outros aspectos, faz com que o diagnóstico tenha um conjunto específico de indicadores e dimensões a serem avaliados.

Em condições normais este diagnóstico é feito com a construção de ferramentas específicas, sendo elas formulários, planilhas ou sistemas computacionais. Este processo, porém, toma tempo e recursos que poderiam ser melhor aproveitados em melhorias no processo avaliativo. Neste contexto, é proposta a SQUADRO-i, uma plataforma que possibilita a construção personalizada de avaliações.

Com base no teste de aceitabilidade realizado, a ferramenta mostrou-se prática e eficaz na avaliação da sustentabilidade de sistemas produtivos diversos. A plataforma construída conta com algoritmos de normalização de índices de indicadores, um para cálculo ascendente e outro para cálculo descendente, sendo que a plataforma é capaz de detectar quando é necessário utilizar um ao invés do outro. Estes tipos foram suficientes para o cálculo de índices de todos os indicadores constantes na metodologia SQUADRO. Além disso, a SQUADRO-i conta com o cálculo de índice de dimensões e índice geral da avaliação, tanto ao nível de avaliação quanto ao nível de unidade de avaliação. Estes foram parcialmente suficientes para a avaliação de Gonçalves, Lira e Sousa (2016), porém, suficientes para os demais estudos aplicados. A ferramenta ainda apresenta relatórios e gráficos anuais, e comparação temporal ao nível de avaliação e ao nível de unidade de avaliação. Ela também comportou indicadores de quatro diferentes aplicações práticas, cada qual advinda de cenários avaliativos distintos, validando assim a aplicabilidade da ferramenta como genérica, ou seja, aplicável para diferentes tipos de indicadores de diversos cenários avaliativos. Além disso, foi apresentada a três possíveis clientes e estes trouxeram avaliações positivas quanto à utilidade da ferramenta e emprego da mesma em diferentes contextos.

A versão atual da SQUADRO-i buscou atender às principais necessidades encontradas no processo de avaliação de sustentabilidade, porém ainda existem outras possibilidades de funcionalidades que podem vir a ser implementadas. Como dito anteriormente, está previsto no projeto da plataforma a construção de uma aplicação móvel que possibilitará a coleta de dados a campo sem a necessidade de uso de formulários de papel ou de uma conexão com a internet. Também é necessário que

os dados e informações constantes na SQUADRO-i possam ser exportados para serem utilizados em outras ferramentas. Da mesma forma, é importante que os dados de outras ferramentas possam ser importados para a SQUADRO-i. Além disso, é interessante que haja a possibilidade de emprego dos outros tipos de indicadores previstos, já que atualmente a plataforma tem implementada apenas o produto mínimo viável de indicadores quantitativos simples, e outros métodos de cálculo de índices como, por exemplo, o somatório empregado no estudo de Gonçalves, Lira e Sousa (2016) para o cálculo de índice geral de cada propriedade. Também é importante que seja implementada a possibilidade de escolher os períodos de referência a serem utilizados na comparação temporal. Entende-se também ser fundamental estudar maneiras de facilitar o uso da ferramenta e também estudar uma estratégia para que um indicador possa ser considerado em mais de uma dimensão.

Durante a avaliação de algumas das metodologias disponíveis para o diagnóstico de sustentabilidade (Seção 2.5) levantou-se a possibilidade de utilização da plataforma SQUADRO-i no processo avaliativo das mesmas. Aplicar o estudo de Gonçalves, Lira e Sousa (2016) na SQUADRO-i foi um exemplo de emprego de outras metodologias. Apesar disso, acredita-se que há oportunidades de estudos futuros visando a análise da adequabilidade da SQUADRO-i em outras metodologias além das aqui testadas.

Como forma de auxílio aos interessados, paralelamente a este projeto desdobrou-se a construção de uma plataforma que disponibilizará dentre outros, um curso de treinamento para a utilização da SQUADRO-i (LOGUERCIO; AMARAL; LAMPERT, 2021).

REFERÊNCIAS

ARNOTT, D.; PERVAN, G. Eight key issues for the decision support systems discipline. **Decision Support Systems**, v. 44, n. 3, p. 657–672, 2008. ISSN 0167-9236. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0167923607001698>.

ARTUZO, F. D. et al. Emergy unsustainability index for agricultural systems assessment: A proposal based on the laws of thermodynamics. **Science of The Total Environment**, v. 759, p. 143524, 2021. ISSN 0048-9697. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969720370558>.

ASTIER, M.; MASERA, O.; LOPEZ-RIDAURA, S. **Sustentabilidad y manejo de recursos naturales: El Marco de evaluación MESMIS**. [S.l.: s.n.], 1999. ISBN 968-7462-11-6.

BARROS, G. S. d. C.; SILVA, S. F. A balança comercial do agronegócio brasileiro de 1989 a 2005. **Revista de Economia e Sociologia Rural**, SciELO Brasil, v. 46, n. 4, p. 905–935, 2008.

BARRY, D.; HOYNE, S. Sustainable measurement indicators to assess impacts of climate change: Implications for the new green deal era. **Current Opinion in Environmental Science Health**, v. 22, p. 100259, 2021. ISSN 2468-5844. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2468584421000313>.

BELL, S.; MORSE, S. **Sustainability indicators: measuring the immeasurable?** [S.l.]: Routledge, 2012.

BOHANEK, M.; RAJKOVIC, V. DEX: An expert system shell for decision support. **Sistemica**, v. 1, p. 145–157, 01 1990.

BOHANEK, M. et al. DEX methodology: Three decades of qualitative multi-attribute modeling. **Informatica (Slovenia)**, v. 37, p. 49–54, 2013.

BOLFE, Application of geotechnologies in the development of sustainable agriculture in brazil. **International Journal of Advanced Engineering Research and Science**, v. 6, p. 458–463, 01 2019.

BRASIL. **LEI Nº 11.326, DE 24 DE JULHO DE 2006**. 2006. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2004-2006/2006/lei/111326.htm. Acesso em: 17 abr. 2021.

BRUM, L. d. L. et al. Aplicação de técnicas de mineração em dados de propriedades leiteiras do município de Derrubadas-RS. In: IN: SIMPÓSIO DA CIÊNCIA DO AGRONEGÓCIO, 5., 2017, PORTO ALEGRE. **Embrapa Pecuária Sul-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2017.

CARVALHO, M. d. **Aceitação e intenção de uso do mobile learning: modelagem e teste empírico com alunos de ensino superior**. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado)—Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro . . . , 2013.

CENCI, E. M.; PARRA, R. A. O papel do agronegócio brasileiro na reconstrução da economia em um cenário global pós-crise de 2008 e o compromisso com a agenda ambiental. **Direito Ambiental**, p. 55, 2018.

- CHAN, S. H. et al. Decision support system (DSS) use and decision performance: DSS motivation and its antecedents. **Information Management**, v. 54, n. 7, p. 934–947, 2017. ISSN 0378-7206. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378720617300617>.
- CHEN, D. et al. A holistic and rapid sustainability assessment tool for manufacturing SMEs. **CIRP Annals**, v. 63, n. 1, p. 437 – 440, 2014. ISSN 0007-8506. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0007850614001164>.
- DALL’OGLIO, P. **PHP Programando com orientação a Objetos**. [S.l.]: Novatec Editora, 2018.
- DAVIS, F. Perceived usefulness, perceived ease of use, and user acceptance of information technology. **MIS Quarterly**, v. 13, p. 319–, 09 1989.
- DB-Engines. **DB-Engines Ranking**. 2021. Disponível em: <https://db-engines.com/en/ranking>. Acesso em: 12 ago. 2021.
- DELGROSSI, M. E.; BALSADI, O. V. Mercado de trabalho e agricultura no Brasil contemporâneo. **Uma jornada pelos contrastes do Brasil: cem anos do Censo Agropecuário**, p. 205–218, 2020.
- DEPONTI, C. M.; ECKERT, C.; AZAMBUJA, J. d. Estratégia para construção de indicadores para avaliação da sustentabilidade e monitoramento de sistemas. **Agroecologia e desenvolvimento rural sustentável**, v. 3, n. 4, p. 44–52, 2002.
- FECHINE, R.; MORAES, L. R. Indicadores de sustentabilidade como instrumentos para avaliação de programas de coleta seletiva de resíduos sólidos urbanos e sua aplicação na cidade de Salvador-BA. **Revista Eletrônica de Gestão e Tecnologias Ambientais**, v. 2, p. 87, 08 2014.
- FERRARI, L.; PIROZZI, E.; SAFARI, a. O. M. C. **Learn PostgreSQL**. [s.n.], 2020. OCLC: 1225629160. ISBN 9781838985288. Disponível em: <https://learning.oreilly.com/library/view/-/9781838985288/?ar>.
- FERREIRA, J. et al. Indicadores de sustentabilidade em agroecossistemas. **Informe Agropecuário**, v. 32, p. 12–25, 12 2012.
- FLANAGAN, D. **Javascript. O Guia Definitivo (Em Português do Brasil)**. Capa comum. [S.l.]: BOOKMAN - GRUPO A, 2012. ISBN 978-8565837194.
- GOMES, A. **Agile: Desenvolvimento de software com entregas frequentes e foco no valor de negócio**. Casa do Código, 2014. ISBN 9788566250992. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=zHCCCwAAQBAJ>.
- GONÇALVES, W. L.; LIRA, W. S.; SOUSA, C. M. Análise da sustentabilidade da agricultura familiar na produção de tangerina no município de Matinhas, Paraíba. In: **Sistemas de Indicadores de Sustentabilidade em Agroecossistemas: aplicações em diversos tipos de cultivos e práticas agrícolas no estado da Paraíba**. [S.l.]: Editora da Universidade Estadual da Paraíba, 2016.
- GRONER, L. **Estruturas De Dados E Algoritmos Com Javascript**. Capa comum. [S.l.]: Novatec, 2019. ISBN 978-8575226933.

GUEDES, G. T. A. **UML: uma abordagem pratica**. Sao Paulo: Novatec, 2008. OCLC: 685248411. ISBN 9788575221495.

GUILHOTO, J. et al. PIB da agricultura familiar: Brasil - Estados. **SSRN Electronic Journal**, 04 2011.

HEUSER, C. **Projeto de banco de dados : Volume 4 da Série Livros didáticos informática UFRGS**. Grupo A - Bookman, 2009. ISBN 9788577804528. Disponível em: <https://books.google.com.br/books?id=UKtB7mnWQMC>.

IBGE, I. B. D. G. E. E. Censo agropecuário 2017: Resultados definitivos. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística, 2019. ISSN ISSN 0103-6157.

IBGE, I. B. D. G. E. E. Contas nacionais trimestrais: Indicadores de volume e valores correntes - out.-dez. 2020. **Indicadores IBGE**, 2021.

IEEE Spectrum. **Top Programming Languages**. 2021. Disponível em: <https://spectrum.ieee.org/top-programming-languages/>. Acesso em: 12 ago. 2021.

IMPERATIVES, S. Report of the world commission on environment and development: Our common future. v. 10, 1987.

JANK, M. S. et al. Concentration and internationalization of brazilian agribusiness exporters. **The International Food and Agribusiness Management Review**, v. 2, n. 3, p. 359–374, 1999. ISSN 1096-7508. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1096750801000325>.

JOUNG, C. B. et al. Categorization of indicators for sustainable manufacturing. **Ecological Indicators**, v. 24, p. 148–157, 2013. ISSN 1470-160X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X12002294>.

JÚNIOR, I. F.; CÂNDIDO, G.; AMARAL, V. O cultivo de melão no assentamento São Romão em Mossoró/RN: determinação dos indicadores de sustentabilidade através da metodologia MESMIS. **Sustentabilidade em Debate**, v. 6, p. 70, 04 2015.

KUMAR, H.; MENAKADEVI, T. A review on big data analytics in the field of agriculture. **International Journal of Latest Transactions in Engineering and Science**, v. 1, 2017.

LAMPERT, V. d. N. et al. Uma ferramenta para gestão de indicadores na produção de bovinos de corte: simplificando a organização de processos. In: IN: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROINFORMÁTICA, 10., 2015, PONTA GROSSA. **Embrapa Pecuária Sul-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2015.

LAMPERT, V. d. N. et al. Análise sistemática de softwares disponíveis para a pecuária de corte. **Embrapa Pecuária Sul-Documentos (INFOTECA-E)**, Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018.

LAMPERT, V. d. N. et al. Prioridades da pecuária de corte brasileira-2018/2019. Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2021., 2021.

LAMPERT, V. d. N.; SILVA, G. da; WEILLER, O. Nova planilha de sistematização da produção (Nova PSP): ferramenta de apoio no diagnóstico e intervenção em unidades de produção familiar com atividade leiteira. **Embrapa Pecuária Sul-Documentos (INFOTECA-E)**, Bagé: Embrapa Pecuária Sul, 2018.

LARAVEL. **Laravel Documentation**. 2022. Disponível em: <https://laravel.com/docs/9.x>. Acesso em: 06 jul. 2022.

LINDBLOM, J. et al. Promoting sustainable intensification in precision agriculture: review of decision support systems development and strategies. **Precision Agriculture**, v. 18, n. 3, p. 309–331, Jun 2017. ISSN 1573-1618. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s11119-016-9491-4>.

LOGUERCIO, A. B.; AMARAL, Marcelo Hoff do; LAMPERT, V. do N. Proposta de um modelo de ensino-aprendizagem para uma plataforma de cursos no agronegócio. **Anais do Salão Internacional de Ensino, Pesquisa e Extensão**, v. 13, n. 3, nov. 2021. Disponível em: <https://periodicos.unipampa.edu.br/index.php/SIEPE/article/view/110869>.

LÓPEZ-RIDAURA, S.; MASERA, O.; ASTIER, M. Evaluating the sustainability of complex socio-environmental systems: the MESMIS framework. **Ecological Indicators**, v. 2, n. 1, p. 135 – 148, 2002. ISSN 1470-160X. Hyatt S.I. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X02000432>.

MARZALL, K.; ALMEIDA, J. Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas estado da arte, limites e potencialidades de uma nova ferramenta para avaliar o desenvolvimento sustentável. **Cadernos de Ciência & Tecnologia**, v. 17, n. 1, p. 41–59, 2000.

MASSRUHÁ, S. M. F. S. et al. A transformação digital no campo rumo à agricultura sustentável e inteligente. **Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**, In: MASSRUHÁ, SMFS; LEITE, MA de A.; OLIVEIRA, SR de M.; MEIRA, CAA . . . , 2020.

MAYNARD, D. d. C. et al. Environmental, social and economic sustainability indicators applied to food services: A systematic review. **Sustainability**, v. 12, n. 5, 2020. ISSN 2071-1050. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2071-1050/12/5/1804>.

MELO, L.; CÂNDIDO, G. O uso do método IDEA na avaliação de sustentabilidade da agricultura familiar no município de Ceará-Mirim – RN. **REUNIR: Revista de Administração, Contabilidade e Sustentabilidade**, v. 3, p. 1, 06 2013.

MOURA, L.; ALMEIDA, J.; MIGUEL, L. Avaliação da sustentabilidade em agroecossistemas: um pouco de pragmatismo. **Redes**, Editora da UNISC, v. 9, n. 2, 2004.

MUHONGO, J. M. J. Aplicação do método IDEA para avaliação da sustentabilidade de estabelecimentos de agricultores familiares nos municípios de Tupã/São Paulo e de Ebo/Cuanza Sul. Universidade Estadual Paulista (UNESP), 2021.

NEGRA, C. et al. Sustainable agri-food investments require multi-sector co-development of decision tools. **Ecological Indicators**, v. 110, p. 105851, 2020. ISSN 1470-160X. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X19308453>.

- NESS, B. et al. Categorising tools for sustainability assessment. **Ecological Economics**, v. 60, n. 3, p. 498–508, 2007. ISSN 0921-8009. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0921800906003636>.
- NICOLOSO, C. d. s. et al. Aplicação do método MESMIS para análise da sustentabilidade de sistemas de produção da pecuária familiar em Área do bioma pampa no Rio Grande do Sul. **Desenvolvimento em Questão**, v. 16, n. 45, p. 354–376, out. 2018. Disponível em: <https://www.revistas.unijui.edu.br/index.php/desenvolvimentoemquestao/article/view/6691>.
- OBE, R. O.; HSU, L. S. **PostgreSQL: up and running: a practical guide to the advanced open source database**. 3. ed. Sebastopol, CA: O'Reilly Media, Inc, 2017. OCLC: ocn975362904. ISBN 9781491963418.
- OLIVEIRA, E. C. de; CARRARO, N. C. Análise do comportamento e participação do agronegócio na composição do produto interno bruto (PIB) brasileiro: Um estudo da série temporal de 1996 a 2017. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24042–24064, 2019.
- ONU, O. das N. U. A agenda 2030 para o desenvolvimento sustentável. 2016.
- PACHECO, D. A. Sistema de avaliação de desempenho em propriedades pecuárias familiares: uma proposta. Universidade Federal do Pampa, 2020.
- PEDROZA, M. et al. **Visão 2030 O Futuro da Agricultura Brasileira**. [S.l.: s.n.], 2018. ISBN 978-85- 7035-799- 1.
- PIETRO, J. H. O. D.; MOREIRA, A. O. Agricultura familiar: um modelo para efetivação de direitos socioambientais e econômicos. **Argumenta Journal Law**, n. 33, p. 205–224, 2021.
- PINTO, D. et al. Ambitec-tics: avaliação de impactos de tecnologias de informação e comunicação aplicadas à agropecuária. **Embrapa Territorial-Documentos (INFOTECA-E)**, Campinas: Embrapa Territorial, 2020., 2020.
- PRESSMAN, R.; MAXIM, B. **Engenharia de Software - 8ª Edição**. [S.l.: s.n.], 2016. ISBN 9788580555349.
- PRODANOV, C. C.; FREITAS, E. C. de. **Metodologia do trabalho científico: métodos e técnicas da pesquisa e do trabalho acadêmico-2ª Edição**. [S.l.]: Editora Feevale, 2013.
- REZAEI, M. E.; BARMAKI, M.; VEISI, H. Sustainability assessment of potato fields using the DEXi decision support system in Hamadan Province, Iran. **Journal of Integrative Agriculture**, v. 17, n. 11, p. 2583 – 2595, 2018. ISSN 2095-3119. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2095311918621070>.
- RIO+20, U. N. C. on S. D. The future we want. 2012.
- RODRIGUES, G. S.; BARROS, I. d.; MARTINS, C. Análise de sustentabilidade em diferentes sistemas de produção de coco no norte e nordeste. In: IN: SEMINÁRIO DE INTENSIFICAÇÃO ECOLÓGICA DA FRUTICULTURA TROPICAL, 4. **Embrapa Tabuleiros Costeiros-Artigo em anais de congresso (ALICE)**. [S.l.], 2016.

SITARZ, D. Agenda 21: The earth summit strategy to save our planet. 1 1993.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. [S.l.]: PEARSON BRASIL, 2011. ISBN 9788579361081.

SonarCloud. **SonarCloud**. 2022. Disponível em: www.sonarcloud.io. Acesso em: 5 ago. 2022.

SOUZA, K. X. S. de et al. Agricultura digital: definições e tecnologias. **Agricultura Digital: Pesquisa, desenvolvimento e inovação nas cadeias produtivas**, In: MASSRUHÁ, SMFS; LEITE, MA de A.; OLIVEIRA, SR de M.; MEIRA, CAA ..., 2020.

STACHETTI, R.; CAMPANHOLA, C. Sistema integrado de avaliação de impacto ambiental aplicado a atividades do novo rural. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 38, 04 2003.

TORRE-UGARTE, M. C. De-la et al. Revisão sistemática: noções gerais. **Revista da Escola de Enfermagem da USP**, v. 45, n. 5, p. 1260–1266, 2011.

TRDIN, N.; BOHANEK, M. Extending the multi-criteria decision making method DEX with numeric attributes, value distributions and relational models. **Central European Journal of Operations Research**, v. 26, n. 1, p. 1–41, Mar 2018. ISSN 1613-9178. Disponível em: <https://doi.org/10.1007/s10100-017-0468-9>.

TURBAN, E. et al. **Decision support systems and intelligent systems**. New Delhi: Prentice-Hall of India, 2006. OCLC: 1028625783. ISBN 9788120329614.

UN, U. N. The sustainable development goals report 2020. p. 64, 2020.

WHITEHEAD, J.; MACLEOD, C. J.; CAMPBELL, H. Improving the adoption of agricultural sustainability tools: A comparative analysis. **Ecological Indicators**, v. 111, p. 106034, 2020. ISSN 1470-160X. Disponível em: <http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S1470160X19310301>.

ZAHM, F. et al. Farm Sustainability Assessment using the IDEA Method : from the concept of farm sustainability to case studies on French farms. In: **International Forum on Assessing Sustainability in Agriculture From common principles to common practice Indicator and Assessment Systems INFASA Symposium, Zentrum Paul Klee Bern, CHE, March 16th and 17th 2006**. [s.n.], 2006. p. 20. Disponível em: <https://hal.inrae.fr/hal-02587618>.

ZAHM, F. et al. Assessing farm sustainability with the IDEA method - from the concept of agriculture sustainability to case studies on farms. **Sustainable Development**, Wiley-Blackwell, v. 16, n. 4, p. 271–281, 2008. Disponível em: <https://hal.inrae.fr/hal-02664332>.

APÊNDICE A – DOCUMENTO DE REQUISITOS

.pdf" .png" .jpg" .mps" .jpeg" .jbig2" .jb2" .PDF" .PNG" .JPG" .JPEG" .JBIG2" .JB2" .eps"

Sumário

1 - Prefácio	4
2 - Introdução	4
3 - Glossário	4
4 - Requisitos de Usuário	5
4.1 - Diagrama de Casos de Uso	5
4.2 - Diagrama de atividades	6
5 - Arquitetura da Plataforma	7
5.1 - Persistência dos Dados	7
5.2 - SiteMap do Menu da Aplicação Web	7
5.3 - SiteMap da Construção de uma Avaliação	8
5.4 - Modelo do banco de dados	9
6 - Especificação de Requisitos	11
6.1 - Requisitos Funcionais	11
6.1.1 - Autenticar usuário	11
6.1.2 - Gerenciar avaliação	11
6.1.3 - Gerenciar componente	11
6.1.4 - Gerenciar indicador	12
6.1.5 - Gerenciar dimensão	12
6.1.6 - Gerenciar unidade avaliativa	13
6.1.7 - Calibrar pesos do indicador	13
6.1.8 - Calibrar pesos da dimensão	13
6.1.9 - Calibrar parâmetros das notas do indicador	14
6.1.10 - Gerar questionário de coleta	14
6.1.11 - Acessar questionário de coleta na aplicação móvel	14
6.1.12 - Calcular índice do indicador	15
6.1.13 - Calcular índice da dimensão	15
6.1.14 - Calcular índice da avaliação	16
6.1.15 - Gerar gráficos	16
6.1.16 - Sincronização offline	16
6.1.17 - Calcular indicador	17
6.1.18 - Gerar relatórios	17
6.1.19 - Visualizar status de coleta	18
6.1.20 - Gerar documentos para coleta	18
6.1.21 - Aprovar integração da coleta ao banco	18
6.1.22 - Comparação temporal	19

6.2 - Requisitos Não-Funcionais	19
6.2.1 - Disponibilidade	19
6.2.2 - Espaço	19
6.2.3 - Segurança	19
6.2.4 - Energia	20
6.2.5 - Portabilidade	20
6.3 - Configurações mínimas ideais	20
7 - Modelos do Sistema	20
7.1 - Diagrama de classes	20
7.2 - Diagrama de objetos	21
7.3 - Diagrama de sequência	23

1 - Prefácio

Este documento foi elaborado para clientes, desenvolvedores, especialistas de software e demais interessados no entendimento da construção de uma plataforma genérica de estruturação de indicadores com ponderação de índices de sustentabilidade.

Data	Versão	Descrição	Autor
26/02/2021	1.0	Documento de requisitos descrevendo as principais características da plataforma	Kimberlly da Rosa Moreles
03/07/2022	1.5	Atualização nos diagramas e novos requisitos importantes	Kimberlly da Rosa Moreles

2 - Introdução

A mensuração da sustentabilidade é uma tarefa complexa, pois envolve a escolha das principais variáveis que definirão a singularidade do meio a ser avaliado. Cada sistema é único e possui um conjunto diferente de aspectos que precisam ser levados em consideração para o seu diagnóstico.

A utilização de indicadores se popularizou como forma de avaliação da sustentabilidade. Porém, não existe um conjunto de indicadores pré-prontos que seja capaz de avaliar todos os sistemas possíveis.

A plataforma aqui proposta pretende auxiliar na construção de avaliações de sustentabilidade de forma genérica, visto que as plataformas de estruturação disponíveis são específicas e não-adaptáveis. Para tal, esta plataforma contará com uma interface web para estruturação, coleta e visualização de indicadores.

3 - Glossário

Componente - É a unidade mínima de um indicador, todo indicador da plataforma terá e sua construção pelo menos um componente. Também pode ser chamado de métrica.

Dimensão - É a categoria que classifica um conjunto de indicadores que avaliam uma determinada área.

Indicador - Forma de representação quantificável de um determinado objeto ou condição.

Índice - É a unidade utilizada para normalizar variáveis de diferentes naturezas, neste caso os indicadores, que necessitam ser comparadas entre si.

Métrica - É a unidade mínima de um indicador, todo indicador da plataforma terá e sua construção pelo menos um componente. Também pode ser chamado de componente.

Parâmetro - São os critérios e notas utilizados para a ponderação do índice de um indicador.

Ponderação - É o processo de cálculo que se utiliza de parâmetros para o processamento do resultado.

Unidade avaliativa/Unidade de avaliação - É o objeto de estudo da avaliação.

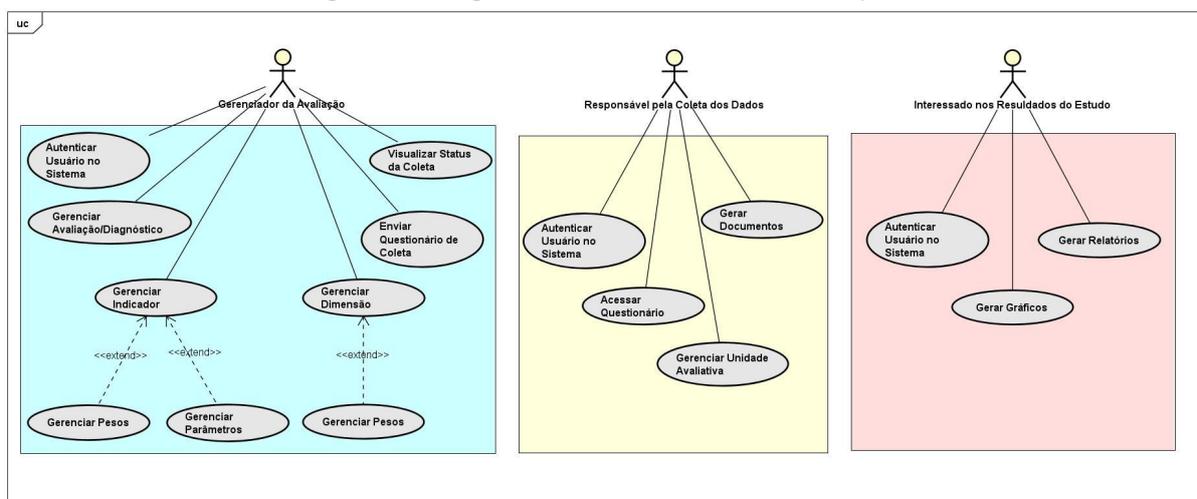
4 - Requisitos de Usuário

Esta seção descreve os serviços fornecidos ao usuário, sendo apresentados o diagrama de casos de uso e o diagrama de atividades.

4.1 - Diagrama de Casos de Uso

Na Figura 1 é apresentado o diagrama de casos de uso contendo 3 diferentes tipos de usuários: o gerenciador do sistema, o responsável pela coleta e o interessado nos resultados gerados. Todos os usuários precisam estar autenticados para acessar as funcionalidades da plataforma, devendo o cadastro ser realizado previamente.

Figura 1: Diagrama de casos de uso da solução



Fonte: A autora

O gerenciador da avaliação será responsável por todos os aspectos relacionados à estrutura da avaliação, sendo portanto possível a ele gerenciar a avaliação, gerenciar os indicadores com seus respectivos parâmetros e pesos, gerenciar as dimensões com seus respectivos pesos e indicadores, gerenciar o envio dos questionários de coleta e ele também será capaz de visualizar o status das coletas.

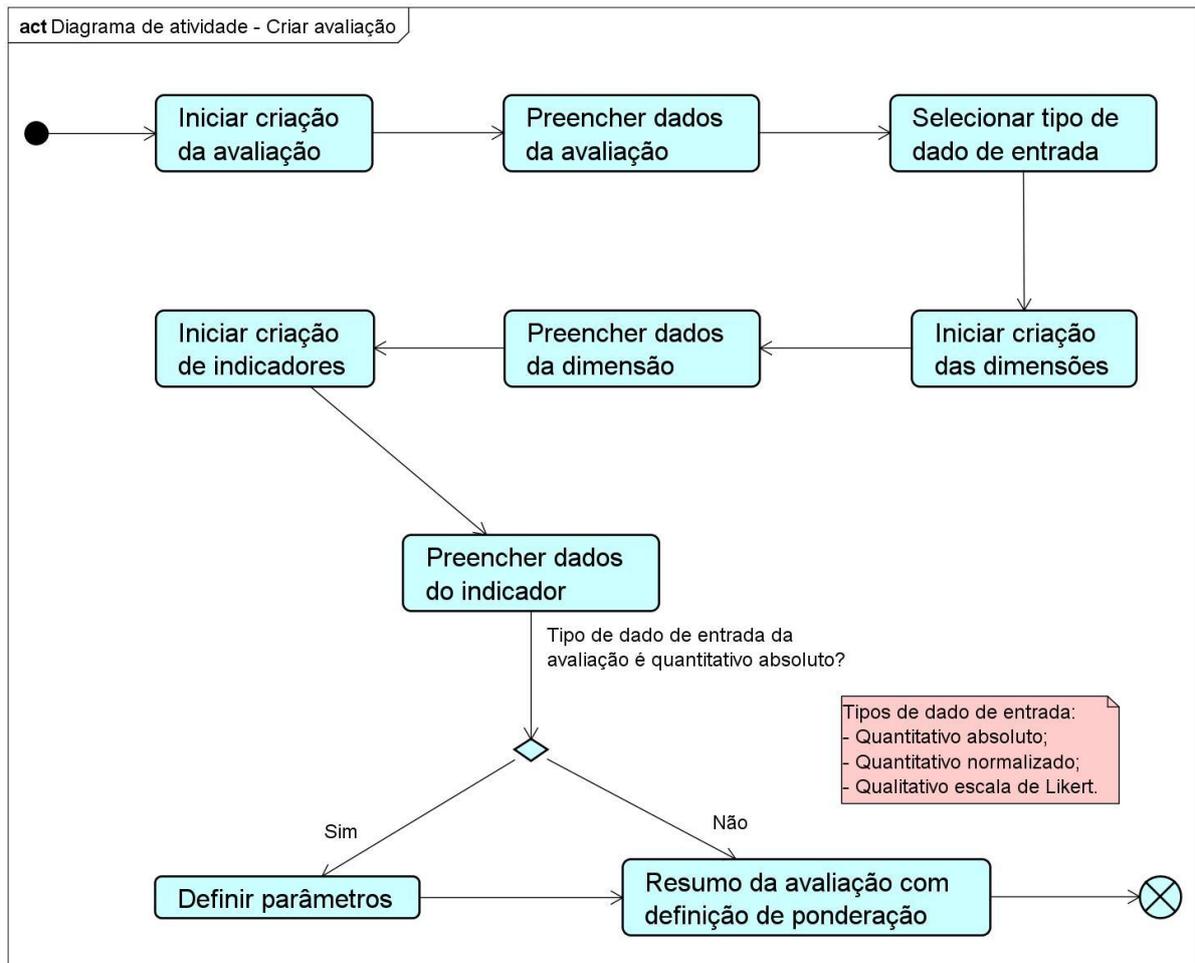
O responsável pela coleta dos dados poderá acessar os questionários necessários às coletas e também poderá gerar documentos de apoio que possam vir a ser necessários para a mesma.

Os interessados nos resultados gerados pelo estudo que estiverem autorizados poderão gerar relatórios e gráficos na plataforma.

4.2 - Diagrama de atividades

A construção de uma avaliação segue a sequência apresentada no diagrama de atividades da Figura 2. Nela observamos que durante a criação de uma avaliação, delimita-se o tipo de dado de entrada para a etapa de coleta de dados. Atualmente a plataforma conta com três tipos de dado de entrada: quantitativo absoluto, quantitativo normalizado e qualitativo na escala de Likert.

Figura 2: Diagrama de atividades da construção de uma avaliação



Fonte: A autora

Quantitativo absoluto - diz respeito ao indicador que entrará calculado na plataforma porém em seu valor absoluto, ou seja, o valor de entrada deverá ter seu índice calculado com base em parâmetros ou critério de cálculo definidos pelo usuário na própria plataforma.

Quantitativo normalizado - será a entrada do índice do indicador já calculado, sem a necessidade da plataforma realizar este cálculo.

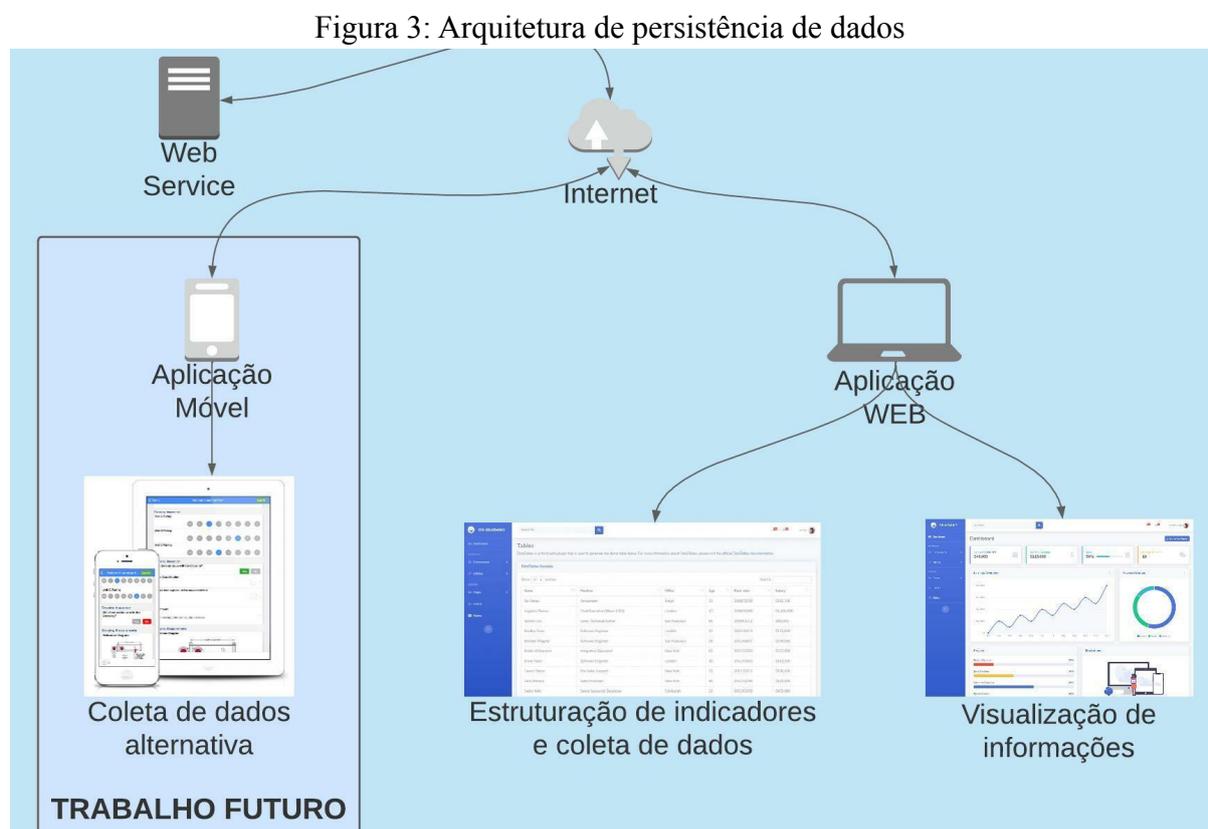
Qualitativo na escala de Likert - será a entrada de uma das cinco opções qualitativas. Mesmo sendo qualitativa, a entrada de valores na escala de Likert possuem valores numéricos pré-determinados na plataforma.

5 - Arquitetura da Plataforma

Nesta seção é apresentada uma visão em alto nível da arquitetura do sistema previsto, contando com a arquitetura de persistência de dados, sitemaps e o modelo conceitual do banco de dados.

5.1 - Persistência dos Dados

Na Figura 3 é representada a estrutura da arquitetura de persistência de dados, onde as funcionalidades de estruturação de indicadores e avaliação, e a visualização de informações se dará por meio da aplicação web, e a coleta de dados se dará pela aplicação web e alternativamente por meio de uma aplicação móvel. Ambas as aplicações irão conectar-se à Internet e ambas irão comunicar-se com o Web Service.



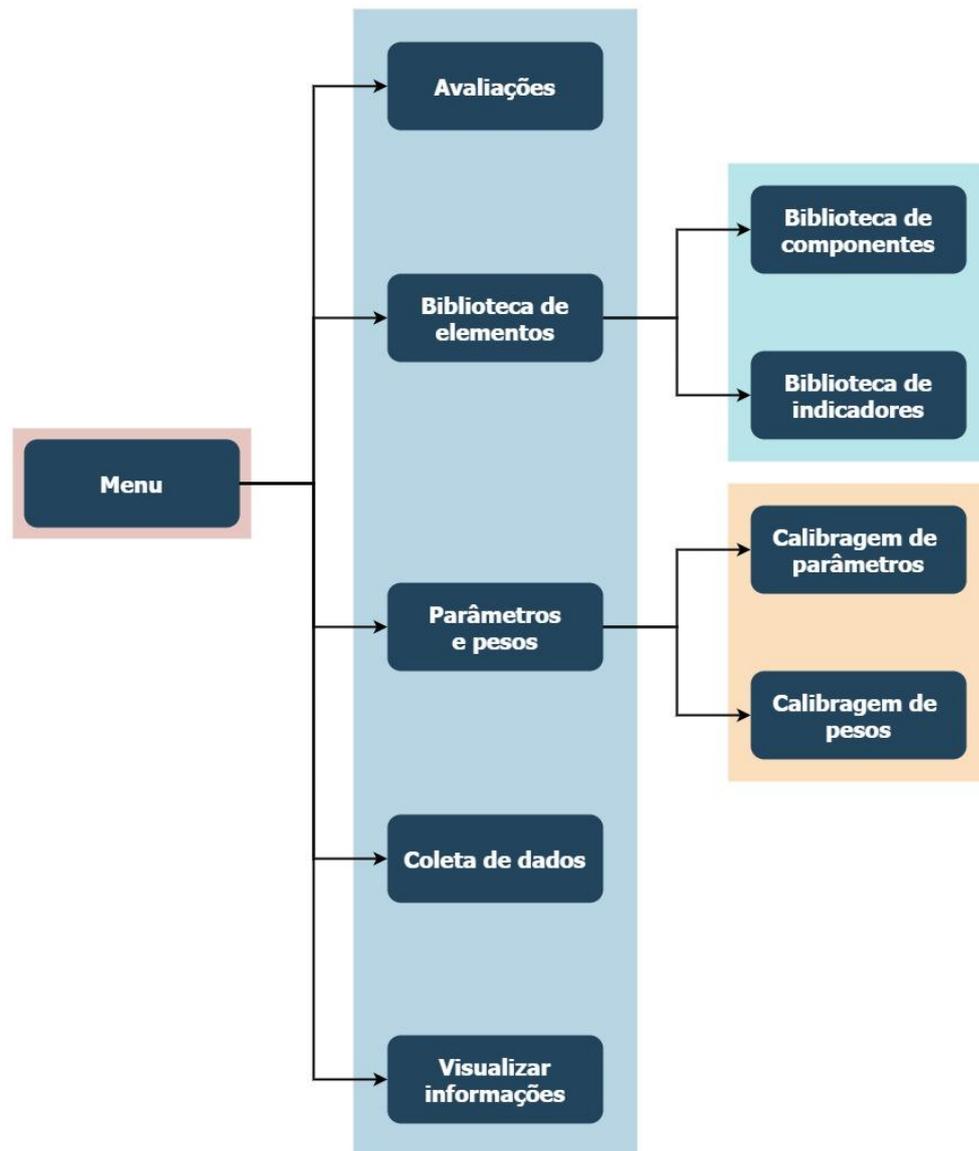
Fonte: A autora

5.2 - SiteMap do Menu da Aplicação Web

Na Figura 4 está representado o SiteMap do menu de opções da aplicação web. A construção deste diagrama se fez necessário devido à complexidade de funcionalidades que a plataforma disponibiliza.

O menu de opções poderá direcionar ao gerenciamento de avaliações, à biblioteca dos elementos fundamentais da avaliação (indicadores e componentes), à calibragem de parâmetros e determinação de pesos, à coleta de dados e à visualização de informações.

Figura 4: SiteMap da estrutura de menu da aplicação web

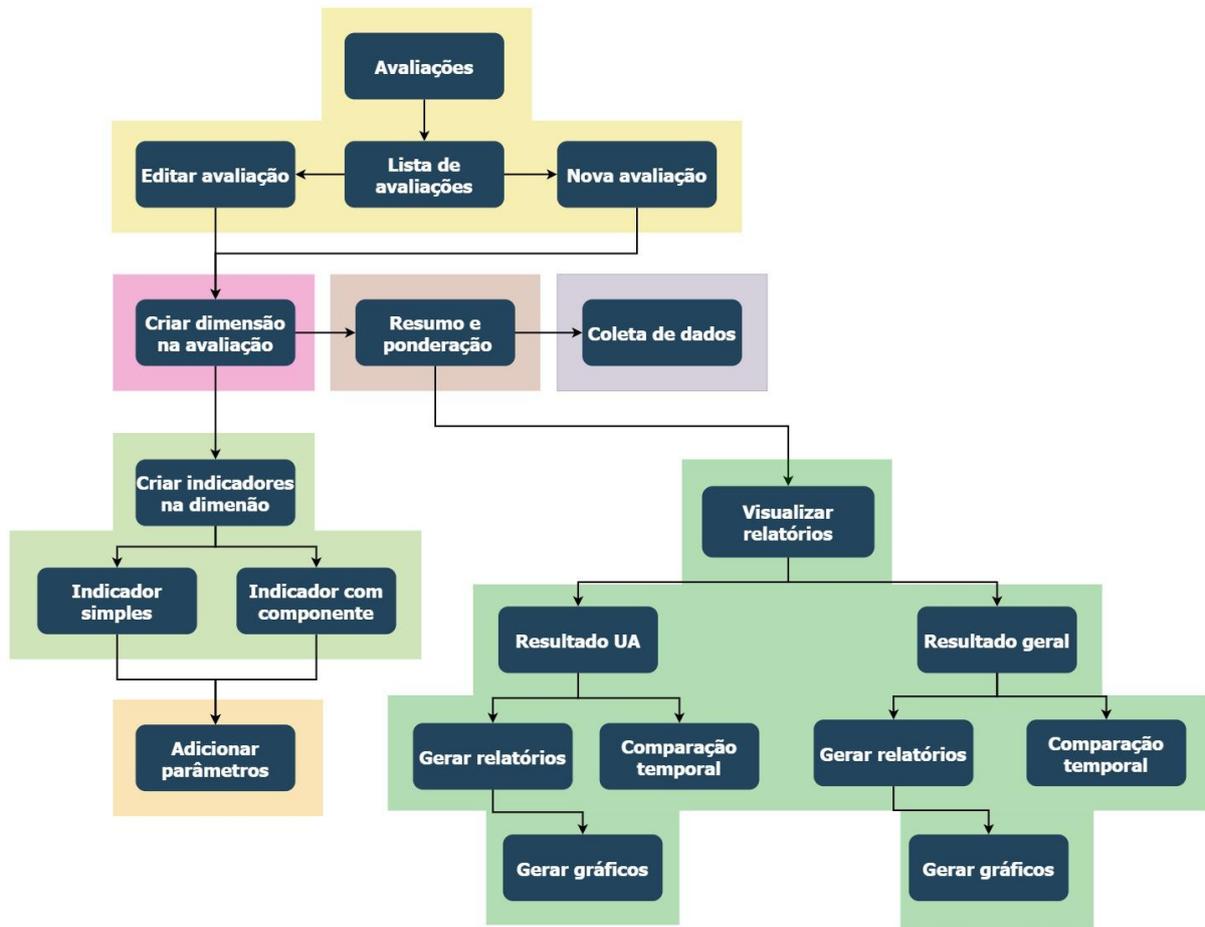


Fonte: A autora

5.3 - SiteMap da Construção de uma Avaliação

Na Figura 5 é apresentado o SiteMap do caminho a ser percorrido, e das possibilidades encontradas nele, para a construção de uma avaliação.

Figura 5: SiteMap da estrutura de construção de uma avaliação na aplicação web

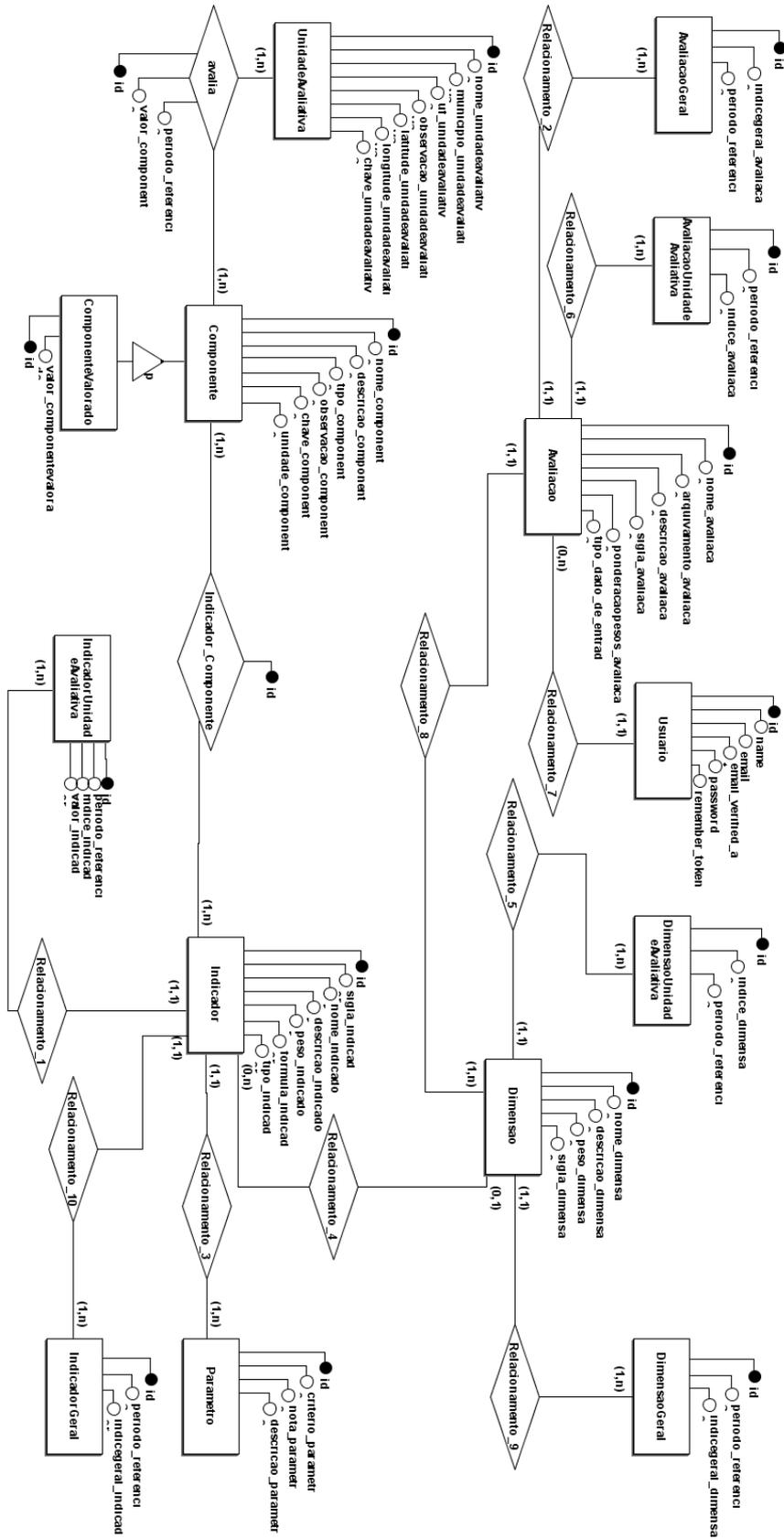


Fonte: A autora

5.4 - Modelo do banco de dados

Na Figura 6 é apresentado o modelo conceitual do banco de dados, onde é possível observar o relacionamento entre as diferentes entidades constantes no banco e os atributos das mesmas.

Figura 6: Modelo conceitual do banco de dados da plataforma



Fonte: A autora

6 - Especificação de Requisitos

Nesta seção são descritos em detalhes os requisitos funcionais e não funcionais do sistema.

6.1 - Requisitos Funcionais

Esta subseção apresenta os requisitos funcionais do sistema.

6.1.1 - Autenticar usuário

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: O acesso às funções da plataforma devem ser realizados de forma segura e para tanto é necessário que todos os que tenham interesse em suas funcionalidades estejam autenticados.

Entradas e pré-condições: Para autenticar-se o usuário deverá utilizar o usuário e senha e o cadastro deverá ser feito previamente.

Saídas e pós-condições: O usuário será capaz de acessar as funcionalidades da plataforma.

6.1.2 - Gerenciar avaliação

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: No ambiente avaliativo é onde serão definidos os indicadores e respectivas dimensões que serão analisadas. É essencial que esta funcionalidade esteja presente na plataforma, pois é através desta que poderão ser feitas diferentes avaliações empregando os dados que melhor definem o cenário a ser estudado pelo usuário.

Entradas e pré-condições: O usuário deverá estar autenticado na plataforma para ter acesso a esta funcionalidade e nela poderá cadastrar o nome da avaliação, descrevê-la, guardar a data de criação da mesma e definir o tipo de dado de entrada que será utilizado na coleta de dados

Saídas e pós-condições: A partir da criação de uma avaliação, o usuário poderá adicionar dimensões e indicadores nela, gerar o questionário de coleta de dados e ter acesso aos relatórios referentes às avaliações. Também poderão ser calculados os índices de avaliação geral e por unidade avaliativa.

6.1.3 - Gerenciar componente

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que o usuário tenha a possibilidade de criar, editar e visualizar as informações referentes aos componentes.

Entradas e pré-condições: Para criar um componente o usuário deverá estar autenticado na plataforma e poderá ou não estar construindo um indicador. O cadastro do componente terá em seu cadastro o nome, a descrição, o tipo, uma observação e uma chave de identificação textual. O componente também poderá ser especializado em um componente valorado, sendo portanto uma generalização/especialização parcial.

Saídas e pós-condições: Após ser adicionado à plataforma, o componente poderá ser vinculado a um indicador ou criado simultaneamente a ele, possibilitando assim sua utilização no questionário gerado para a avaliação e posteriormente a consulta das informações geradas a partir dele.

6.1.4 - Gerenciar indicador

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: O usuário deverá ter a possibilidade de criar, editar e visualizar. Os indicadores serão constituídos de componentes e serão agrupados em dimensões.

Entradas e pré-condições: Para criar um indicador o usuário deverá estar construindo uma avaliação. Para o cadastro do indicador será necessário inserir o nome e, opcionalmente, uma sigla e descrição. O indicador deverá ser especializado conforme o tipo do indicador, sendo portanto uma generalização/especialização do tipo total. Os componentes que constituem o indicador deverão estar previamente disponíveis na plataforma ou serem criados simultaneamente a ele.

Saídas e pós-condições: Após ser adicionado à plataforma, o indicador fará parte de uma dimensão no ambiente avaliativo, possibilitando assim sua utilização no questionário gerado para a avaliação e posteriormente à consulta das informações geradas a partir dele. Também será possível realizar o cálculo de seu índice geral e também de seu índice por unidade avaliativa.

6.1.5 - Gerenciar dimensão

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: O usuário deverá classificar os indicadores utilizados na sua avaliação em dimensões.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade o usuário deverá estar autenticado na plataforma e deverá ter ao menos um ambiente avaliativo disponível para que

sejam criadas dimensões para este. Para este cadastro é necessário que seja inserido o nome e opcionalmente a sigla e a descrição da dimensão.

Saídas e pós-condições: Após agrupar os indicadores em dimensões, a plataforma estará habilitada a calcular o índice geral da dimensão com base nos índices gerais dos indicadores que a constitui e também estará habilitada para calcular o índice das dimensões geral e de cada unidade avaliativa.

6.1.6 - Gerenciar unidade avaliativa

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que o usuário tenha a possibilidade de criar, editar e visualizar as informações referentes a unidade avaliativa.

Entradas e pré-condições: Para criar uma unidade avaliativa o usuário deverá estar autenticado na plataforma e deverá estar realizando uma coleta. O cadastro da unidade avaliativa terá em seu cadastro o nome, o município, a unidade federativa, uma observação, a latitude, a longitude e uma chave de identificação textual.

Saídas e pós-condições: Após ser adicionada à plataforma, a unidade avaliativa poderá ser utilizada em uma avaliação. Assim, ela poderá receber informações referentes aos indicadores e poderá realizar os respectivos cálculos de índices que compõem a avaliação.

6.1.7 - Calibrar pesos do indicador

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: Os indicadores de uma avaliação poderão ou não conter um peso, sendo esta uma opção a ser definida pelo usuário para toda a avaliação em relação a pesos de indicadores e dimensões. Este peso será utilizado para o cálculo dos índices das dimensões e deverá totalizar 100% ao ser somado com os demais.

Entradas e pré-condições: Para a calibragem dos pesos dos indicadores é necessário que o usuário esteja autenticado na plataforma. Também é necessário que possua um ambiente avaliativo onde há indicadores atribuídos às suas devidas dimensões. Para esta calibragem basta o usuário digitar um número real entre 0 e 100.

Saídas e pós-condições: A partir da calibragem dos pesos dos indicadores, o sistema poderá calcular o índice ponderado das dimensões que compõem sua avaliação.

6.1.8 - Calibrar pesos da dimensão

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: As dimensões de uma avaliação poderão ou não conter um peso, sendo esta uma opção a ser definida pelo usuário para toda a avaliação em relação a pesos de indicadores e dimensões. Este peso será utilizado para calcular os índices de sustentabilidade e deverá totalizar 100% ao ser somado com os demais.

Entradas e pré-condições: Para a calibragem dos pesos das dimensões é necessário que o usuário esteja autenticado na plataforma. Também é necessário que possua um ambiente avaliativo onde há dimensões cadastradas. Para esta calibragem basta o usuário digitar um número real entre 0 e 100.

Saídas e pós-condições: A partir da calibragem dos pesos das dimensões, o usuário poderá calcular os índices ponderados de sustentabilidade da avaliação.

6.1.9 - Calibrar parâmetros das notas do indicador

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que o usuário seja capaz de calibrar os parâmetros, ou critérios, necessários para a atribuição das notas de seus indicadores. Será através destes parâmetros que a plataforma será capaz de calcular os índices dos indicadores.

Entradas e pré-condições: Para utilizar esta funcionalidade o usuário deverá estar autenticado no sistema. Faz-se necessário também que o usuário já tenha cadastrado previamente indicadores na plataforma. Para esta calibragem o usuário deverá atribuir um valor numérico para cada intervalo de condições que seu indicador pode assumir.

Saídas e pós-condições: Ao utilizar esta funcionalidade, o usuário estará permitindo que a plataforma realize o cálculo do índice do indicador por meio da interpolação das notas atribuídas.

6.1.10 - Gerar questionário de coleta

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que a plataforma gere o questionário que deverá ser aplicado para a coleta de dados referentes à avaliação criada pelo usuário.

Entradas e pré-condições: Para gerar o questionário o usuário deverá estar autenticado na plataforma e ter uma avaliação cadastrada com seus respectivos indicadores, dimensões, parâmetros e pesos. O questionário possuirá como entrada o período de referência e os dados dos indicadores que foram estruturados para aquela determinada avaliação.

Saídas e pós-condições: Por meio deste formulário será possível a realização da coleta de dados necessários à composição dos indicadores da avaliação. A partir destes dados, poderão ser criados gráficos e relatórios para o diagnóstico da sustentabilidade da unidade avaliativa estudada.

6.1.11 - Acessar questionário de coleta na aplicação móvel

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É importante que o questionário de coleta esteja disponível para a aplicação móvel, pois não há a possibilidade de garantir que uma conexão de internet esteja disponível durante a coleta.

Entradas e pré-condições: Esta funcionalidade estará disponível para usuários credenciados para a coleta da dita avaliação e este precisa estar credenciado na aplicação móvel para acesso. Como pressuposto anteriormente, é necessário que haja uma avaliação completa já criada anteriormente e que o formulário da mesma já esteja liberado pelo responsável da avaliação. O questionário possuirá como entrada o período de referência e os dados dos indicadores que foram estruturados para aquela determinada avaliação.

Saídas e pós-condições: Com o acesso ao formulário no dispositivo móvel, a coleta dos dados necessários para os cálculos dos indicadores poderão ser obtidos de maneira prática. A partir destes dados, poderão ser criados gráficos e relatórios para o diagnóstico da sustentabilidade da unidade avaliativa estudada.

6.1.12 - Calcular índice do indicador

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice dos indicadores construídos na plataforma. Os índices a serem calculados serão tanto os individuais referentes às unidades avaliativas, quanto o índice geral deste indicador na avaliação.

Entradas e pré-condições: Para o cálculo do índice por unidade avaliativa é necessário que o usuário tenha cadastrado previamente ao menos os parâmetros mínimos e máximos que definirão os critérios para o cálculo, sendo necessário também que já haja valores coletados para o respectivo indicador. Para o cálculo do índice geral do indicador é necessário que o cálculo do índice por unidade avaliativa seja realizado previamente.

Saídas e pós-condições: Quando todos os indicadores de uma determinada dimensão estiverem devidamente calculados, a plataforma será capaz de calcular o índice da dimensão.

6.1.13 - Calcular índice da dimensão

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice das dimensões que compõem a avaliação. Os índices a serem calculados serão tanto os individuais referentes às unidades avaliativas, quanto o índice geral desta dimensão na avaliação.

Entradas e pré-condições: Para o cálculo do índice da dimensão por unidade avaliativa é necessário que a plataforma já tenha calculado os índices dos indicadores que compõem a respectiva dimensão. Para o cálculo do índice geral da dimensão é necessário que o cálculo do índice por unidade avaliativa já tenha sido realizado em todas as unidades avaliativas que compõem a avaliação.

Saídas e pós-condições: Quando todas as dimensões da avaliação estiverem devidamente calculadas, a plataforma será capaz de calcular o índice geral da avaliação.

6.1.14 - Calcular índice da avaliação

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que a plataforma seja capaz de calcular o índice da avaliação por unidade avaliativa e também o índice geral da avaliação.

Entradas e pré-condições: Para o cálculo do índice da avaliação por unidade avaliativa é necessário que a plataforma já tenha calculado os índices das dimensões que a compõem. Para o cálculo do índice geral da avaliação é necessário que o cálculo do índice por unidade avaliativa já tenha sido realizado em todas as unidades avaliativas que compõem a avaliação.

Saídas e pós-condições: Quando este índice estiver calculado, a plataforma será capaz de disponibilizar esta informação nos gráficos e relatórios.

6.1.15 - Gerar gráficos

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É essencial que a plataforma gere gráficos referentes às informações geradas. Podendo estes ser gráficos de radar para uma melhor comparação dos indicadores dentro de cada dimensão e/ ou também gráficos de calor para o diagnóstico geral dos indicadores de todas as unidades avaliativas diagnosticadas.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade o usuário precisa estar previamente autenticado na plataforma, é necessário que estejam disponíveis avaliações completas cujos dados já estejam coletados e também que os cálculos de indicadores e índices já estejam corretamente realizados.

Saídas e pós-condições: Esta funcionalidade é apenas informativa, não sendo pré-condição para nenhuma outra atividade dentro da plataforma.

6.1.16 - Sincronização offline

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É importante que a coleta de dados referente a avaliação esteja disponível offline e que a mesma possa ser sincronizada com a base de dados, isto se deve a impossibilidade de garantir uma conexão de internet em todas as unidades avaliativas do estudo feito.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade o responsável pela coleta deverá estar autenticado na plataforma e ter realizado pelo menos uma coleta, em local com indisponibilidade de internet, para uma avaliação já liberada para tal.

Saídas e pós-condições: A partir dos dados coletados e integrados ao banco de dados, a plataforma poderá gerar gráficos e relatórios para diagnóstico da sustentabilidade da unidade avaliativa estudada.

6.1.17 - Calcular indicador

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É importante que a plataforma seja capaz de calcular o indicador quando o mesmo possuir uma fórmula. Em falta desta funcionalidade o usuário deverá atribuir o valor do indicador manualmente.

Entradas e pré-condições: Esta funcionalidade só poderá ser utilizada quando o indicador for composto por mais de um componente. Para que esta funcionalidade seja utilizada o usuário deverá indicar a maneira correta de cálculo que deverá ser realizado entre os componentes, sendo isto definido pela especialização escolhida no momento da construção do indicador.

Saídas e pós-condições: Ao utilizar esta funcionalidade, o usuário estará permitindo que a plataforma realize o cálculo do indicador com base no método indicado para tal.

6.1.18 - Gerar relatórios

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É importante que a plataforma gere relatórios de diagnóstico contendo as informações geradas a partir da coleta dos dados.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade, o usuário precisa estar previamente autenticado na plataforma, que estejam disponíveis avaliações completas cujos dados já estejam coletados e também que os cálculos de indicadores e índices já estejam corretamente realizados.

Saídas e pós-condições: Esta funcionalidade é apenas informativa, não sendo pré-condição para nenhuma outra atividade dentro da plataforma.

6.1.19 - Visualizar status de coleta

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É desejável que o responsável pela avaliação tenha acesso ao andamento das entrevistas de coletas realizadas até então e também ter o andamento total das entrevistas realizadas na avaliação.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade, o usuário precisará estar autenticado na plataforma, possuir pelo menos uma avaliação cadastrada e também ter gerado o questionário para a coleta dos dados referentes a mesma.

Saídas e pós-condições: Esta funcionalidade é apenas informativa, não sendo dependência para nenhuma outra atividade, exceto as que possam vir a ser tomadas pelo responsável pela avaliação com base nas informações obtidas.

6.1.20 - Gerar documentos para coleta

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É desejável que a plataforma gere documentos de apoio ao diagnóstico de sustentabilidade das unidades avaliativas.

Entradas e pré-condições: Para que esta função esteja disponível, é necessário que o interessado esteja autenticado na plataforma web ou na plataforma móvel responsável pela coleta. Também é necessário que haja uma avaliação previamente cadastrada para que possam ser criados os devidos documentos de apoio a coleta da mesma.

Saídas e pós-condições: Esta é uma funcionalidade de apoio, não sendo dependência para nenhuma outra atividade, exceto as que possam vir a ser tomadas pelo responsável pela coleta com base no uso feito pelos documentos gerados.

6.1.21 - Aprovar integração da coleta ao banco

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É desejável que a inclusão dos dados das coletas sejam revisadas previamente pelo responsável pela avaliação antes destes se juntarem à base de dados.

Entradas e pré-condições: O responsável pela avaliação precisará estar credenciado no sistema e deverá possuir uma avaliação completa, com questionário e em fase de coleta de dados para que esta funcionalidade esteja disponível.

Saídas e pós-condições: Após a devida revisão, os dados da coleta poderão ser integrados à base de dados e poderá ser então calculados seus indicadores e índices.

6.1.22 - Comparação temporal

Prioridade: Essencial Importante Desejável

Descrição: É importante que a plataforma gere relatórios de comparação temporal tanto da unidade avaliativa, quanto da avaliação no geral. O diagnóstico de sustentabilidade só pode ser realizado de forma comparativa e apesar de ser possível esta comparação sem uma funcionalidade específica na plataforma, sua implementação facilitará este processo.

Entradas e pré-condições: Para ter acesso a esta funcionalidade, o usuário precisa estar previamente autenticado na plataforma, que estejam disponíveis avaliações completas cujos dados já estejam coletados e também que os cálculos de indicadores e índices já estejam corretamente realizados.

Saídas e pós-condições: Esta funcionalidade é apenas informativa, não sendo pré-condição para nenhuma outra atividade dentro da plataforma.

6.2 - Requisitos Não Funcionais

Esta subseção apresenta os requisitos não funcionais do sistema.

6.2.1 - Disponibilidade

As coletas de dados realizadas à campo através da aplicação móvel necessitam funcionar independente da existência de uma conexão com a internet. Isto se deve ao fato de que há a possibilidade das coletas serem realizadas em propriedades rurais cujo sinal de internet seja precário ou inexistente. Quando houver uma conexão com a internet, os dados armazenados localmente deverão ser sincronizados com a base de dados da nuvem.

6.2.2 - Espaço

Os dados armazenados localmente na aplicação móvel deverão ser limpos após a sincronização com a base de dados da nuvem. Pretende-se desta maneira evitar a inutilização da aplicação e das funcionalidades básicas do dispositivo devido a falta de espaço em sua memória interna ou cartão de memória.

6.2.3 - Segurança

As funcionalidades da plataforma, tanto da aplicação web quanto da aplicação móvel, só poderão ser acessadas por usuários previamente cadastrados e autenticados a cada novo acesso.

6.2.4 - Energia

A aplicação móvel deverá ter seu consumo de energia otimizado. Isto se faz necessário para que a aplicação consiga atender diversas coletas sem nova recarga.

6.2.5 - Portabilidade

A aplicação móvel poderá ser acessada por dispositivos que contenham o sistema operacional Android. Para as coletas que necessitem de obtenção da localização da unidade avaliada, também será necessário um dispositivo que contenha a funcionalidade de localização do aparelho e que a mesma esteja autorizada e ativada para utilização na aplicação móvel.

6.3 - Configurações mínimas ideais

Atualmente o sistema necessita de um dispositivo computacional com suporte a navegação web e que possua uma conexão com a internet. Futuramente é pretendida a disponibilização de um módulo móvel para a realização da coleta de dados. Este necessitará de um dispositivo móvel com o sistema operacional Android e não necessitará de acesso à internet para a coleta, porém este deverá conectar-se posteriormente para sincronização de dados com o servidor.

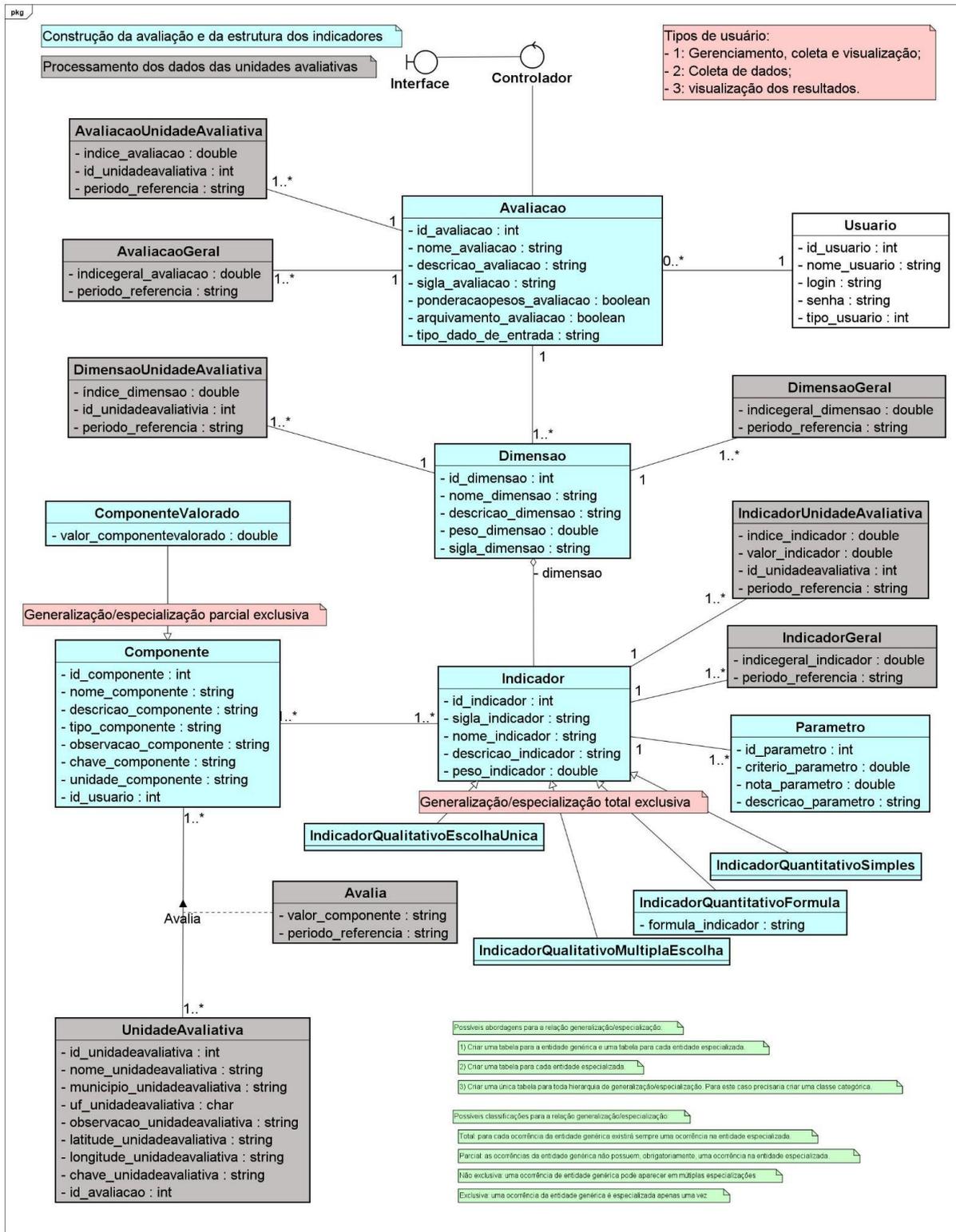
7 - Modelos do Sistema

Nesta seção são apresentados modelos gráficos que mostram os relacionamentos entre os componentes do sistema. São apresentados o diagrama de classes, o diagrama de objetos e o diagrama de sequência.

7.1 - Diagrama de classes

Na Figura 7 é apresentado o diagrama de classes, que nos permite visualizar quais classes irão compor o sistema e como estas se relacionam.

Figura 7: Arquitetura de persistência de dados



Fonte: A autora

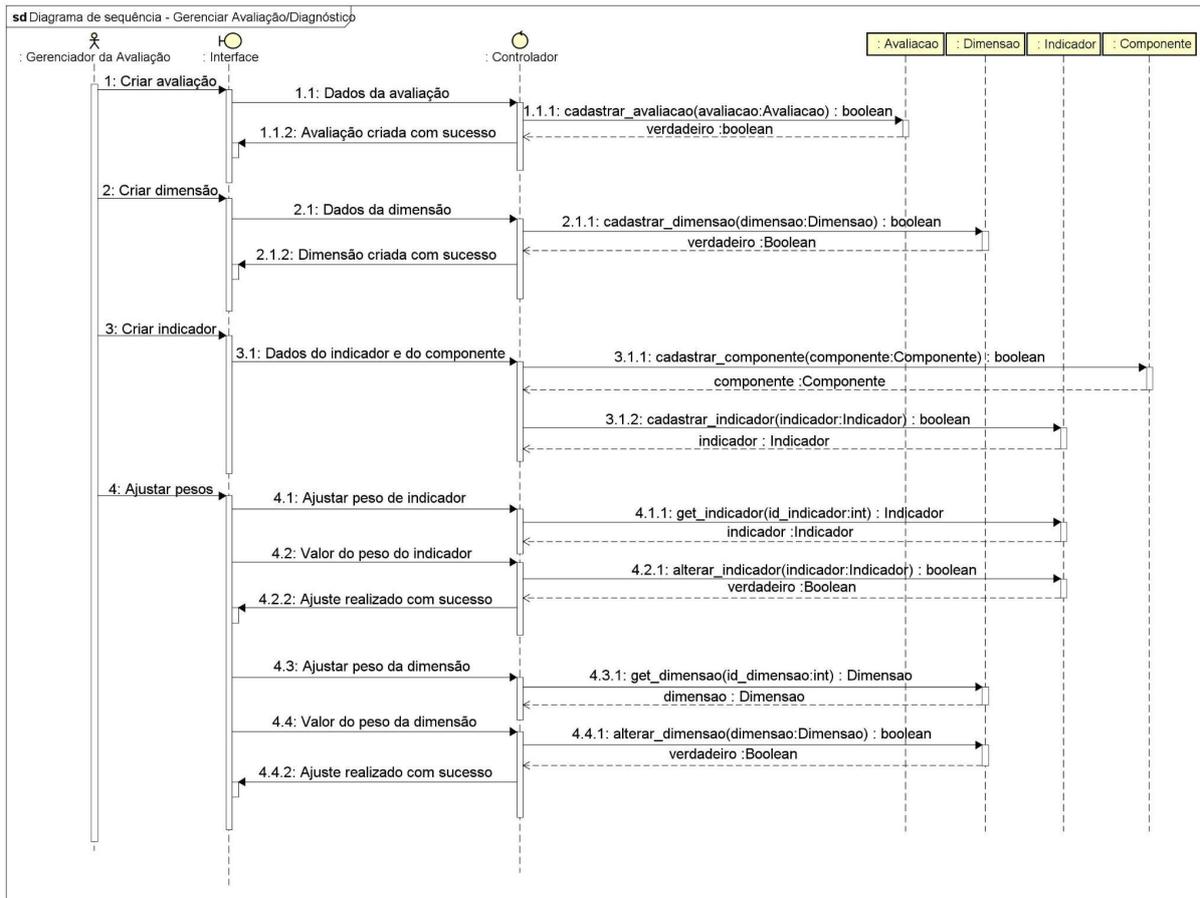
7.2 - Diagrama de objetos

O diagrama de objetos é utilizado para representar como os valores se comportam em um dado momento no sistema. Na Figura 8 podemos observar o diagrama de objetos para o caso em que o indicador é do tipo quantitativo simples.

7.3 - Diagrama de seqüência

O diagrama de seqüência serve para esclarecer em qual seqüência os eventos ocorrem e quais mensagens são trocadas entre os elementos envolvidos em um determinado processo. Ele é baseado no diagrama de casos de uso e geralmente se constrói um diagrama para cada caso de uso previsto. Abaixo, é apresentado, na Figura 9, o diagrama de seqüência do caso de uso “Gerenciar Avaliação/Diagnóstico”.

Figura 9: Diagrama de seqüência do caso de uso “Gerenciar Avaliação/Diagnóstico”.



Fonte: A autora

8 - Evolução do Sistema

A plataforma atualmente conta com o gerenciamento de avaliações, dimensões, indicadores quantitativos simples, componentes, componentes valorados, parâmetros e gerenciamento da calibragem de pesos. Além disso, é possível realizar a coleta de dados para três tipos de dado de entrada: quantitativo de indicador absoluto, quantitativo de indicador normalizado e qualitativo na escala de Likert. Também é possível a visualização de relatórios em nível de avaliação e unidade de avaliação, estes podendo ser relatórios individuais anuais (contando com gráficos) ou comparação temporal com o período de referência maior com o menor.

A versão atual da plataforma buscou atender às principais necessidades encontradas no processo de avaliação de sustentabilidade, porém ainda há possibilidades de melhorias a serem implementadas, são elas:

- a construção de uma aplicação móvel que possibilitará a coleta de dados a campo sem a necessidade de uso de formulários de papel ou de uma conexão com a internet;
- importação e exportação de dados e informações;
- implementação dos demais tipos de indicadores previstos, já que atualmente a plataforma tem implementada apenas o produto mínimo viável de indicadores quantitativos simples;
- implementação de outros métodos de cálculo de índices como, por exemplo, um somatório;
- possibilitar a escolha dos períodos de referência a serem utilizados na comparação temporal;
- facilitar o uso da ferramenta; e,
- estudar uma estratégia para que um indicador possa ser considerado em mais de uma dimensão.

APÊNDICE B – COMPARAÇÃO TEMPORAL GERAL DE 5 UNIDADES DE AVALIAÇÃO DA METODOLOGIA SQUADRO EMPREGADAS NA SQUADRO-I

ETAPA 1:
GERENCIAR
AVALIAÇÃO

Avaliações

Biblioteca de
Elementos

Parâmetros e
pesos

ETAPA 2:
COLETAR
DADOS

Coleta de
dados

ETAPA 3:
ACESSAR
INFORMAÇÕES

Visualizar
informações

>

ÍNDICE DE DESENVOLVIMENTO DA UNIDADE PRODUTIVA FAMILIAR (ID-UPF)

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Índices avaliação	0,61 (Alto)	0,59 (Médio)	Piorou	0,02

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Dimensão Ambiental	0,66 (Alto)	0,63 (Alto)	Constante	0,03
Manejo do Esgoto	0,80 (Muito alto)	0,76 (Alto)	Piorou	0,04
Manejo do Lixo Orgânico	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Manejo do Lixo Inorgânico	0,00 (Muito baixo)	0,00 (Muito baixo)	Constante	-
Manejo de Embalagens	0,75 (Alto)	0,80 (Muito alto)	Melhorou	0,05
Manejo de Dejetos de Animais	0,88 (Muito alto)	0,70 (Alto)	Piorou	0,18
Manejo de Resíduos Agrícolas	0,63 (Alto)	0,50 (Médio)	Piorou	0,13
Manejo do Solo	0,47 (Médio)	0,57 (Médio)	Constante	0,10
Conservação do Solo	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Adequação da Reserva Legal	0,38 (Baixo)	0,30 (Baixo)	Constante	0,08
Adequação App	0,50 (Médio)	0,40 (Médio)	Constante	0,10
Manejo da Pastagem	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Dimensão Social	0,74 (Alto)	0,70 (Alto)	Constante	0,04
Políticas Públicas	0,61 (Alto)	0,80 (Muito alto)	Melhorou	0,19
Satisfação/Felicidade	0,67 (Alto)	0,60 (Alto)	Constante	0,07
Energia Elétrica	0,60 (Alto)	0,60 (Alto)	Constante	-
Estradas	0,88 (Muito alto)	0,80 (Muito alto)	Constante	0,08
Independência de Insumos	0,50 (Médio)	0,00 (Muito baixo)	Piorou	0,50

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Facilidade do Trabalho	1,00 (Muito alto)	0,80 (Muito alto)	Constante	0,20

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Dimensão Econômica	0,52 (Médio)	0,53 (Médio)	Constante	0,01
Renda Familiar Per Capita	0,43 (Médio)	0,47 (Médio)	Constante	0,04
Gestão Econômica	0,00 (Muito baixo)	0,00 (Muito baixo)	Constante	-
Potencial de Produção	0,35 (Baixo)	0,35 (Baixo)	Constante	-
Estoque de Semoventes	0,23 (Baixo)	0,22 (Baixo)	Constante	0,01
Diversidade de Atividades	0,68 (Alto)	0,83 (Muito alto)	Melhorou	0,15
Participação do Leite na Renda	0,67 (Alto)	0,32 (Baixo)	Piorou	0,35
Independência Financeira	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Dimensão Produtiva	0,53 (Médio)	0,49 (Médio)	Constante	0,04
Disponibilidade Hídrica	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Potencial Produtivo	0,37 (Baixo)	0,31 (Baixo)	Constante	0,06
Diversificação de Forrageiras	0,75 (Alto)	0,60 (Alto)	Constante	0,15
Grau de Intensificação	0,25 (Baixo)	0,20 (Baixo)	Constante	0,05
Melhoramento Genético	0,65 (Alto)	0,68 (Alto)	Constante	0,03
Precocidade das Novilhas	1,00 (Muito alto)	1,00 (Muito alto)	Constante	-
Intervalo entre Partos	0,25 (Baixo)	0,20 (Baixo)	Constante	0,05
Eficiência da Reconcepção	0,60 (Alto)	0,64 (Alto)	Constante	0,04
Sanidade do Rebanho	0,50 (Médio)	0,40 (Médio)	Constante	0,10

	2014	2016	Desempenho/Status	Varição
Produção Diária de Leite	0,52 (Médio)	0,43 (Médio)	Constante	0,09
Produção de Leite por Vaca	0,36 (Baixo)	0,30 (Baixo)	Constante	0,06
Controle Leiteiro	0,25 (Baixo)	0,20 (Baixo)	Constante	0,05