

**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS
GERAIS – CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
KÊNIA ALVES PEREIRA ARAÚJO; ROCHELE EDENÍS MIRANDA**

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA RECOMENDAÇÃO DE
SUCESSÃO DE CULTURA, CORREÇÃO DE SOLO E ACOMPANHAMENTO DE
SUA PRODUTIVIDADE – SOLOFÉRTIL**

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2017**

KÊNIA ALVES PEREIRA ARAÚJO; ROCHELE EDENÍS MIRANDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA RECOMENDAÇÃO DE
SUCESSÃO DE CULTURA, CORREÇÃO DE SOLO E ACOMPANHAMENTO DE
SUA PRODUTIVIDADE – SOLOFÉRTIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus*
São João Evangelista como exigência parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Orientador: Me. Rosinei Soares de Figueiredo
Coorientador: Me. Alisson José Eufrásio de
Carvalho

**SÃO JOÃO EVANGELISTA
2017**

FICHA CATALOGRÁFICA

A658d Araújo, Kênia Alves Pereira; Miranda, Rochele Edenís.
2017

Desenvolvimento de um sistema web para recomendação de sucessão de cultura, correção de solo e acompanhamento de sua produtividade – SOLOFÉRTIL. / Kênia Alves Pereira Araújo; Rochele Edenís Miranda. – 2017.

85f. : il.

Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Sistemas de Informação) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista, 2017.

Orientador: Mestre Rosinei Soares de Figueiredo.

1. Correção. 2. Adubação de solo. 3. Sistema Web. 4. Engenharia de software. I. Araújo, Kênia Alves Pereira. II. Miranda, Rochele Edenís. III. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus São João Evangelista. IV. Título.

CDD 005.36

Elaborada pela Biblioteca Professor Pedro Valério

Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
Campus São João Evangelista

Bibliotecária Responsável: Rejane Valéria Santos – CRB-6/2907

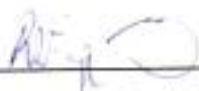
KÊNIA ALVES PEREIRA ARAÚJO; ROCHELE EDENÍS MIRANDA

**DESENVOLVIMENTO DE UM SISTEMA *WEB* PARA RECOMENDAÇÃO DE
SUCESSÃO DE CULTURA, CORREÇÃO DE SOLO E ACOMPANHAMENTO DE
SUA PRODUTIVIDADE – SOLOFÉRTIL**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao
Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus*
São João Evangelista como exigência parcial
para obtenção do título de Bacharel em
Sistemas de Informação.

Aprovada em 13 / 06 / 2017

BANCA EXAMINADORA


Orientador Prof. Me. Rosinei Soares de Figueiredo

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista


Coorientador: Prof. Me. Alisson José Eufrásio de Carvalho

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista


Convidado: Prof. Me. Fábio Rodrigues Martins

Instituição: Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista

RESUMO

A produtividade do cultivo de plantas está condicionada, dentre outros fatores, à boa utilização de informações sobre características de planta e de solo. Diferentemente de fatores climáticos, é possível manipular propriedades do solo de forma que essas sejam favoráveis às necessidades das culturas. Essas propriedades podem ser mudadas com a aplicação de fertilizantes e corretivos no solo. Também é possível diminuir gastos com adubos e corretivos através da escolha da cultura mais adequada para determinada característica de solo. Porém, para que a adubação e correção de solo tenham precisão e para que seja escolhida a cultura que mais se adequa a disponibilidade de nutrientes apresentada pelo solo, é necessário compreender informações técnicas que são muitas vezes complexas. A falta de atenção a essas informações pode resultar em adubação e correção incorretas do solo e, possivelmente, minimizar a produtividade da cultura e prejudicar o meio ambiente. Faz-se necessário, então, a criação de uma ferramenta que facilite o processo de conversão de informações técnicas em informações mais compreensíveis para o cultivo de plantas. Diante disso, o presente trabalho tem como objetivo o desenvolvimento de uma ferramenta que recomende adubos e corretivos e realize sugestão de sucessão de culturas considerando as necessidades de nutrientes apresentadas pelas culturas e as condições de solo que podem ser obtidas através de uma análise de solo. O sistema construído realiza a interpretação de análise, gerando uma classificação de cada um de seus elementos e também realiza o cálculo da calagem, com a finalidade de prover a sugestão de correção de solo para regularizar seus níveis de acidez. A metodologia de pesquisa empregada na construção deste trabalho se caracteriza por ser uma pesquisa-ação. O *software* foi desenvolvido em plataforma *web* e seus requisitos implementados foram validados e avaliados de forma positiva.

Palavras-chave: Correção e adubação de solo. Sistema *Web*. Engenharia de *software*.

ABSTRACT

The productivity of plant cultivation is conditioned among other factor, by the good use of plant information and soil characteristics. Different from climatic factors, it's possible to manipulate soil properties so that they are favorable to crop needs. These properties can be changed with the application of fertilizers and soil improvers. It's also possible to reduce costs with fertilizers and correctives by choosing the crop most suitable for soil characteristics. However, in order for the soil fertilization and correction to be accurate and for the crop to be chosen that best suits the soil nutrient availability, it's necessary to understand technical information that is often complex. Lack of attention to this information may result in improper soil fertilization and correction, which can minimize crop productivity and harm the environment. It's necessary, then, the creation of a tool to facilitates the process of conversion of technical information, into more comprehensible information for the cultivation of plants. Therefore, the present work has the objective of developing a tool that recommends fertilizers and correctives and make suggestions of succession of crops, considering the nutrient need presented by the crops and the soil condition that can be obtained through a soil analysis. The built system performs the interpretation of analysis, generating a classification of the each of its elements and also performs the calculation of liming, with the purpose of providing the suggestion of soil correction in order to regularize its acidity levels. The research methodology employed in the construction of this work is characterizes by being an action research. The software was developed in a web platform and its implemented requirements were validated and evaluated positively.

Keywords: Correction and soil fertilization. Web system. Software engineering.

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Requisitos: Funções de usuário	32
Quadro 2 – Requisitos: Funções de produtor	33
Quadro 3 – Requisitos: Informações sobre culturas	33
Quadro 4 – Requisitos: Funções de cálculos	34
Quadro 5 – Requisitos: Gerenciamento de análises	34
Quadro 6 – Requisitos: Gerenciamento de produção	35
Quadro 7 – Requisitos: Acompanhamento da evolução da produtividade	35
Quadro 8 – Requisitos: Gerar relatórios	35
Quadro 9 – Requisitos Não Funcionais	36
Quadro 10 – Especificação: Caso de Uso 1	37
Quadro 11 – Especificação: Caso de Uso 2	38
Quadro 12 – Especificação: Caso de Uso 3	38
Quadro 13 – Especificação: Caso de Uso 4	39
Quadro 14 – Especificação: Caso de Uso 5	39
Quadro 15 – Especificação: Caso de Uso 6	40
Quadro 16 – Especificação: Caso de Uso 7	41
Quadro 17 – Especificação: Caso de Uso 8	41
Quadro 18 – Especificação: Caso de Uso 9	43
Quadro 19 – Especificação: Caso de Uso 10	44
Quadro 20 – Especificação: Caso de Uso 11	45
Quadro 21 – Especificação: Caso de Uso 12	46
Quadro 22 – Especificação: Caso de Uso 13	47
Quadro 23 – Especificação: Caso de Uso 14	47

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Diagrama de Casos de Uso	36
Figura 2 – Diagrama de Atividades: Interpretação de análise	48
Figura 3 – Diagrama de Atividades: Sugestão de adubo	49
Figura 4 – Diagrama de Atividades: Sugestão de sucessão de cultura	50
Figura 5 – Diagrama de Classes	51
Figura 6 – Diagrama de Entidade e Relacionamento	52
Figura 7 – Estrutura de arquivos do SoloFértil	53
Figura 8 – Protótipo do SoloFértil	55
Figura 9 – Tela de <i>login</i>	56
Figura 10 – Tela inicial	56
Figura 11 – Memorização de análise	57
Figura 12 – Exemplo de mensagem de alerta	58
Figura 13 – Interpretação de análise de solo	59
Figura 14 – Sugestão de adubação: Lista de culturas	60
Figura 15 – Sugestão de adubação: Exemplo	61
Figura 16 – Simulação de compra de fertilizantes simples	62
Figura 17 – Simulação de compra de fertilizantes compostos	62
Figura 18 – Sugestão de sucessão de cultura	63
Figura 19 – Sugestão de sucessão de cultura: Exemplo	63
Figura 20 – Informações sobre culturas	64
Figura 21 – Cadastro de análise	65
Figura 22 – Editar análise	65
Figura 23 – Exclusão de dados: Exemplo	66
Figura 24 – Cadastrar produção	66
Figura 25 – Evolução da produtividade	67
Figura 26 – Módulo de ajuda: Cálculos	68
Figura 27 – Relatórios: Exemplo	69

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Opiniões subjetivas: questões positivas	70
Gráfico 2 – Opiniões subjetivas: questões negativas	71
Gráfico 3 – Opiniões subjetivas: facilidade de uso	71
Gráfico 4 – Opiniões subjetivas: Inconsistências	72
Gráfico 5 – Opiniões subjetivas: Lentidão	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

Arg	Argila
B	Boro
C	Carbono
Ca	Cálcio
CFSEMG	Comissão de Fertilidade o solo do Estado de Minas Gerais
Cl	Cloro
CSS	<i>Cascade Style Sheets</i>
CTC	Capacidade de Troca Catiônica
Cu	Cobre
DAO	<i>Data Access Object</i>
DER	Diagrama de Entidade e Relacionamento
Fe	Ferro
GPS	<i>Global Positioning System</i>
H	Hidrogênio
HTML	<i>Hypertext Markup Language</i>
HTTP	<i>HyperText Transfer Protocol</i>
IDE	<i>Integrated Development Enviroment</i>
IFMG-SJE	Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais campus São João Evangelista
K	Potássio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Mo	Molibdênio
MVC	<i>Model-View-Controller</i>
N	Nitrogênio
NPK	Nitrogênio-Fósforo-Potássio
O	Oxigênio
P	Fósforo
PDF	<i>Portable Document Format</i>
PDO	<i>PHP Data Object</i>
PHP	<i>PHP Hypertext Preprocessor</i>
PRNT	Poder Relativo de Neutralização Total

PROFERT-MG	Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solos de Minas Gerais
P-rem	Fósforo remanescente
S	Enxofre
SGBD	Sistema Gerenciador de Banco de Dados
SQL	<i>Structured Query Language</i>
SUS	<i>System Usability Scale</i>
TI	Tecnologia da Informação
UML	<i>Unified Modelling Language</i>
WWW	<i>World Wide Web</i>
Zn	Zinco

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	12
2	FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1	FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DAS PLANTAS	15
2.2	A IMPORTÂNCIA DAS BOAS PRÁTICAS DE CORREÇÃO	17
2.3	ANÁLISE LABORATORIAL COMO APOIO À CORREÇÃO DO SOLO	18
2.4	ROTAÇÃO DE CULTURAS DE APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES	18
2.5	O USO DE TECNOLOGIA DE INFORMAÇÃO NO CENÁRIO AGRÍCOLA	19
2.6	ENGENHARIA DE <i>SOFTWARE</i>	20
2.6.1	Métodos	20
2.6.2	Processos	21
2.6.3	Ferramentas	23
2.7	SISTEMAS <i>WEB</i>	23
2.8	TRABALHOS CORRELATOS	24
3	METODOLOGIA	26
3.1	NATUREZA DA PESQUISA	26
3.2	UNIDADE DE ANÁLISE	26
3.3	TECNOLOGIAS UTILIZADAS	26
3.4	DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	32
4.1	ESPECIFICAÇÃO DO <i>SOFTWARE</i>	32
4.1.1	Requisitos Funcionais	32
4.1.2	Requisitos Não Funcionais	36
4.1.3	Diagramas de Casos de Uso	36
4.1.4	Especificação de Casos de Uso	37
4.2	PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO	48
4.2.1	Diagrama de Atividades	48
4.2.2	Diagrama de Classes	51
4.2.3	Diagrama de Entidade e Relacionamento	51
4.2.4	Estrutura de arquivos	53
4.2.5	Prototipação do SoloFértil	54
4.2.6	Versão estável do sistema	55
4.3	VALIDAÇÃO E TESTES	70

5	CONSIDERAÇÕES FINAIS	74
	REFERÊNCIAS	76
	APÊNDICE A – QUESTIONÁRIO SUS ADAPTADO	84

1 INTRODUÇÃO

Segundo a Sociedade Nacional de Agricultura (2015) e a Confederação da Agricultura e Pecuária do Brasil (2015), no cenário mundial de produção e exportação, em 2015 o Brasil ocupava o terceiro lugar como maior exportador de produtos agropecuários. O setor agrícola também representa a principal base da economia interna, garantindo *superávits* regulares na balança comercial.

Destaca-se que o notável crescimento da produção agropecuária se origina, sobretudo, do aumento da produtividade através do uso de novas técnicas e tecnologias de produção à ocupação de novas terras. O Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento (2011) compara dados de áreas de plantio de grãos entre o período de 1960 a 2010 e afirma que, se o Brasil mantivesse a mesma tecnologia daquela época, necessitaria ocupar mais 145 milhões de hectares de terra apenas para a produção de grãos, o que resultaria em novas áreas desmatadas e em novos custos para o país.

Contudo, é possível melhorar ainda mais essa situação sem grandes custos, principalmente considerando o potencial inexplorado dos pequenos produtores. Segundo o Portal Brasil (2015), os pequenos agricultores são os principais responsáveis pelo abastecimento do mercado interno, respondendo pela produção de cerca de 70% dos alimentos consumidos em todo o país. Redin e Fialho (2010) atentam para o importante papel dos pequenos agricultores na economia brasileira e, apesar de sua importância, muitos desses produtores não conseguem acompanhar a evolução da modernização, seja por não disporem de condições agroecológicas¹ ou pela limitação dos fatores de produção, como terra, mão de obra e capital.

Desta forma, melhorar os processos de produção de cada pequeno produtor pode resultar em aumentos significativos na produção do país como um todo. Existem técnicas que não demandam grandes investimentos e que promovem a maximização da produtividade do trabalho desses produtores. Dentre elas a rotação de culturas baseada na análise laboratorial do solo se destaca por ser acessível e, se utilizada da forma correta, reduz significativamente os custos do agricultor, além de promover o aumento da produção.

¹ A agroecologia é o estudo da agricultura de uma perspectiva ecológica objetivando o manejo adequado de recursos naturais de acordo as necessidades das propriedades rurais e dos agricultores, e respeitando a sustentabilidade (SOARES; CAVALCANTE; JUNIOR, 2006).

Também é possível melhorar a produção agrícola suprindo a necessidade de nutrientes das plantas com o uso de fertilizantes, apesar de que isso pode gerar um custo alto para o produtor (NASCIMENTO *et al.*, 2011) e, quando usados de forma incorreta, fertilizantes comprometem as características do solo, tornando-o, por exemplo, excessivamente ácido ou alcalino (ALCARDE, 2007), causando prejuízos à produção e ao meio ambiente.

Uma decisão mais assertiva quanto à adubação e seleção da melhor combinação de culturas irá depender da correta interpretação da análise laboratorial de solo, da demanda de nutrientes pela cultura e sua tolerância aos níveis de acidez e até mesmo da rentabilidade das espécies envolvidas, o que exige informações e conhecimentos técnicos especializados. Tais conhecimentos podem ser encontrados em livros, apostilas e vídeos, porém selecionar, compreender e manipular as informações torna-se um processo trabalhoso e passível de falhas, o que justifica o desenvolvimento de uma ferramenta que automatize pelo menos parte desses processos, uma vez que a rentabilidade, por exemplo, poderá depender de fatores como situação econômica do momento em questão e demanda regional por certo produto, sendo essas condições difíceis de prever.

De acordo com levantamento realizado, constatou-se que existem ferramentas no mercado brasileiro que fazem a interpretação da análise de solo e recomendação de correção do solo. Uma que pode ser citada é o *software* Fértil Agrowin que fornece alternativas para recomendações de adubação e correção do solo através da interpretação de análises de solo e foliares (AGROTIS, 2017). Entretanto, a maioria das ferramentas, são proprietárias, e por apresentarem várias outras funções, requerem altos investimentos para os produtores (o *software* Fértil Agrowin pode chegar a R\$1600,00). As versões de softwares gratuitos encontrados se mostraram complexas, são dependentes de arquitetura de sistemas operacionais e muitas vezes não se encaixam em heurísticas de usabilidade².

Diante disso, o objetivo principal deste projeto foi criar uma ferramenta para recomendações precisas de adubação, calagem³ e sucessão de culturas para hortas, com foco em hortaliças, denominada SoloFértil.

Os objetivos específicos foram:

- a) levantar e analisar os requisitos do sistema proposto;
- b) modelar e codificar o sistema e seu banco de dados;

² A avaliação heurística é um conjunto de princípios propostos por Jakob Nielsen em 1994 que avaliam a usabilidade de uma interface (ANDRADE, 2007; FEIJÓ; GONÇALVES; GOMES, 2013).

³ A calagem é a aplicação de calcário no solo para corrigir seu nível de acidez (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999).

- c) testar e validar o sistema;
- d) documentar e disponibilizar o sistema.

A automação do processo de interpretação de análise de solo, sugestão de adubação, calagem e rotação de culturas, além de torná-lo mais assertivo, pode promover o aumento da lucratividade do produtor uma vez que a análise laboratorial permite conhecer as reais condições de solo. Isso possibilita economia no uso de fertilizantes, contribui para o aproveitamento de nutrientes e melhoria da qualidade do solo, evitando danos ao meio ambiente causados pelo uso incorreto de fertilizantes. Ainda, academicamente, o *software* pode favorecer professores e alunos como complemento didático. Também pode auxiliar o profissional da área no gerenciamento e armazenamento de informações sobre produtores, locais e produtividade. Por ser um sistema *web*, o SoloFértil tem a capacidade de atingir um número significativo de usuários com maior facilidade.

Com a finalidade de demonstrar o embasamento, a metodologia utilizada e os resultados obtidos diante do que foi exposto, o presente documento está estruturado em cinco capítulos, sendo que este primeiro traz esclarecimentos sobre os motivos que originaram o desenvolvimento do *software*, com uma consequente definição dos problemas a serem tratados e dos objetivos do trabalho. O segundo capítulo envolve a fundamentação teórica, contendo conceitos sobre o cultivo de plantas, Tecnologia da Informação (TI) e desenvolvimento de sistemas. No terceiro capítulo encontra-se a metodologia, apresentando os instrumentos utilizados e as etapas correlatas ao seu desenvolvimento. Quarto e quinto capítulo trazem os resultados obtidos e a conclusão do trabalho.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Marconi e Lakatos (2010) sugerem que todo trabalho científico deve ter um caráter interpretativo, onde os resultados obtidos se relacionam com premissas e pressupostos teóricos. Este capítulo apresenta os principais conceitos e premissas necessários ao progresso deste trabalho sob o aspecto teórico, baseado em análises, reflexões e estudos realizados por diversos autores.

São abordados os fatores que interferem no desenvolvimento das plantas, sendo o fator de solo discutido com maior ênfase por ser mais relevante para a realização deste trabalho; uma análise a respeito do uso de fertilizantes como forma de potencializar o desenvolvimento de culturas; os instrumentos necessários ao fornecimento de informações que levam ao correto cultivo, tratando-se da análise de solo; e conceitos sobre a prática de rotação de culturas como um meio de conservação do solo. Aborda-se o uso de Tecnologias de Informação no ramo da agricultura e suas implicações; a evolução das aplicações *web*; o uso de engenharia de *software* como instrumento para boas práticas de desenvolvimento de *software*; e são apresentados alguns trabalhos relacionados ao tema.

2.1 FATORES QUE INFLUENCIAM O CRESCIMENTO DAS PLANTAS

As plantas possuem a capacidade de converter elementos químicos do meio ambiente em componentes de suas próprias células. Esse processo é chamado de fotossíntese e esses elementos químicos, essenciais para o seu ciclo de vida, lhes são necessários em diferentes quantidades (MEURER, 2007).

Os nutrientes de maior relevância ao desenvolvimento das plantas, e que podem ser encontrados no solo, são: Nitrogênio (N), Fósforo (P), Enxofre (S), Potássio (K), Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Cobre (Cu), Zinco (Zn), Molibdênio (Mo), Boro (B) e Cloro (Cl); já o Carbono (C), Hidrogênio (H) e Oxigênio (O) são nutrientes que podem ser supridos através da água e do ar (MALAVOLTA, 1975; RAIJ, 1991; DECHEN; NACHTIGALL, 2007).

De acordo com a Lei do Mínimo, desenvolvida por Justus von Liebig em torno de 1840, o desenvolvimento das plantas está condicionado ao nutriente que se encontra mais escasso em relação às suas necessidades, mesmo na presença de quantidades adequadas dos demais (KREUZ; LAZER; PARIS, 1995).

Todavia, existem vários fatores que interferem direta ou indiretamente no processo de desenvolvimento das plantas. Segundo Meurer (2007), esses fatores podem ser classificados em fatores climáticos, fatores de planta e fatores de solo.

Os fatores climáticos estão ligados às condições ambientais como a precipitação pluvial, temperatura do ar, umidade relativa, luminosidade, altitude/latitude e ventos (MEURER, 2007). Podem ser controlados artificialmente com a utilização de estufas, por exemplo, que proporcionam um microclima adequado ou próximo ao ideal para o desenvolvimento das culturas (BORTOLOZZO; BERNADI, 2006).

Fatores de planta dizem respeito à espécie, genética da cultura, sua eficiência de absorção de nutrientes, manejo, moléstias, pragas e plantas invasoras (MEURER, 2007). Fageria (1998) afirma que trabalhos de diversos autores mostram que existe variabilidade genética mesmo entre plantas da mesma espécie e, em condições ambientais semelhantes, podem apresentar diferenças na absorção e utilização de nutrientes.

Meurer (2007) divide os fatores de solo de acordo com sua natureza, que pode ser física (textura, umidade, densidade), biológica (atividade de microrganismos) ou química (composição, disponibilidade de nutrientes, elementos tóxicos, presença de metais pesados, reação do solo dentre outros). A qualidade desses fatores influencia a fertilidade do solo, que pode ser descrita como a capacidade do solo em disponibilizar nutrientes às plantas (DORAN; PARKIN, 1994).

“Na maior parte dos solos tropicais, o declínio da fertilidade é frequentemente citado como um dos fatores que contribuem para o decréscimo de produtividade das culturas, [...]” (TORMENA, 2003 p. 75). No Brasil, grande parte dos solos possuem baixa disponibilidade de nutrientes e acidez elevada, condições essas limitantes para a obtenção do máximo rendimento de muitas culturas (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007).

Solos podem ser naturalmente ácidos ou se tornarem ácidos devido à utilização de fertilizantes químicos de forma incorreta (AIDAR; BIAVA, 2004). Altos níveis de acidez interferem negativamente nos fatores biológicos, físicos e químicos do solo, causando influência na atividade de microrganismos e também a diminuição da disponibilidade e solubilidade de nutrientes (SOUSA; MIRANDA; OLIVEIRA, 2007). Já a alcalinidade excessiva acontece raramente, mas pode acarretar a carência de nutrientes como Zinco, Ferro e Manganês (SOUZA; PEIXOTO; TOLEDO *et al.*, 1995). A acidez ou alcalinidade podem ser medidas pelo nível de Potencial Hidrogênio Iônico (pH), sendo que o ideal para que a planta consiga absorber nutrientes e se desenvolver está entre 5,5 e 6,5.

Na década 80 estimava-se que cerca de 70% dos solos brasileiros cultivados apresentavam uma ou mais limitações sérias em relação à fertilidade (LOPES, 1984). A correção desses fatores, inicialmente, pode requerer altos investimentos, porém sua manutenção é menos dispendiosa (ALCARDE, 2007).

A aplicação de fertilizantes e calcário (calagem), por meio da avaliação da fertilidade do solo, pode ser usada para melhorar suas condições (LOPES; GUILHERME, 1994; CANTARUTTI *et al.* 2007).

2.2 A IMPORTÂNCIA DAS BOAS PRÁTICAS DE CORREÇÃO

Fertilizantes ou adubos minerais são materiais que contêm nutrientes essenciais para o desenvolvimento da planta, compensando a perda de nutrientes decorrente de remoção de culturas ou perdas gasosas, por exemplo; já os fertilizantes orgânicos são resíduos de animais ou vegetais que podem ser aplicados ao solo afim de melhorar, principalmente, suas características biológicas (PUGGINA, 2000).

A calagem é o processo de aplicação de corretivo de níveis de acidez no solo, capaz de melhorar a disponibilidade dos nutrientes Ca e Mg e manter condições adequadas de pH, reduzindo a quantidade de cargas positivas do solo e elevando cargas negativas (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999).

Além do aumento da produtividade da agricultura, a importância da prática de correção está ligada também à sua contribuição para a proteção de florestas nativas, pois, sem o seu uso, o contínuo empobrecimento do solo não poderia ser controlado e a produção de culturas cairia progressivamente à medida em que reservas agrícolas fossem utilizadas, o que acarretaria a busca por novas áreas onde o solo ainda fosse fértil (PUGGINA, 2000).

Todavia, o uso de corretivos deve ser feito de forma segura, pois, segundo Brookes (1995), modificações no solo podem alterar sua estrutura química, física, biológica e, conseqüentemente, sua fertilidade, com reflexos na qualidade ambiental e produtividade das culturas.

Puggina (2000) afirma que o uso excessivo de fertilizantes pode ser prejudicial ao crescimento das culturas e ao meio ambiente. De acordo com Sousa, Miranda e Oliveira (2007), a aplicação de alguns fertilizantes, como os à base de amônia e ureia, pode aumentar a acidez do solo e, segundo Ribeiro, Guimarães e Alvares (1999, p. 60), “a calagem em excesso é tão prejudicial quanto a acidez elevada, com o agravante de que a calagem excessiva é de muito mais difícil correção”.

A correção segura do solo se torna possível a partir do momento em que se tem conhecimento básico de suas condições e de técnicas de cultivo e correção. Bertoni e Neto (2012) atentam para o uso do conhecimento científico no cultivo da terra com intuito de manter a conservação do solo e água.

Uma das formas de se obter informações corretas sobre as condições físicas e químicas do solo, afim de aplicar possíveis correções é através da análise de solo.

2.3 A ANÁLISE LABORATORIAL COMO APOIO À CORREÇÃO DO SOLO

De acordo com Cruz (2012), a análise de solo constitui-se de uma medida físico-química que tem por objetivo determinar a habilidade do solo em fornecer nutrientes às plantas, diagnosticar problemas de toxidez de alguns elementos, excesso de sal, dentre outros.

Uma análise, de modo geral, traz informações sobre o nível de acidez, nutrientes, como N, P e K, sendo estes considerados os mais relevantes às plantas, e informações sobre a capacidade de troca de cátions no solo (CTC) (RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES 1999).

Somente com base nos dados fornecidos pela análise é possível fazer recomendações seguras das quantidades de calcário e fertilizantes a serem aplicadas ao solo e escolher as variedades mais adequadas ao cultivo em determinada área (IAPAR, 1996; WATANABE *et al.*, 2002; RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999).

2.4 ROTAÇÃO DE CULTURAS E APROVEITAMENTO DE NUTRIENTES

A ciência agrônômica e as boas práticas dos agricultores têm viabilizado a integridade produtiva do solo por meio de medidas simples de manejo, como a rotação de culturas (BERTONI; NETO, 2012).

Rotação de culturas pode ser definida como a sucessão do cultivo de diferentes espécies vegetais em uma determinada área de forma regular e ordenada, repetindo-se de forma cíclica (DUARTE JÚNIOR, 2010; BARROS; CALADO, 2011). Seu uso é importante porque melhora a estrutura do solo ao interromper o ciclo vital de parasitas relacionados com um determinado cultivo (WEILER, 2013).

A rotação de culturas pode ser citada como benéfica à melhoria das condições físicas, químicas e biológicas do solo; ao controle de doenças e pragas (pois estas são, geralmente, específicas de uma determinada família de culturas e seu controle só é possível através da alternância de culturas sensíveis a doenças diferentes); à reposição de restos orgânicos; à proteção do solo contra a ação dos agentes climáticos; e a uma maior diversidade de produtos

hortícolas disponíveis para os quais existem oportunidades de mercado que devem ser previamente avaliadas (IAPAR, 1995; BARROS; CALADO, 2011).

A seleção da melhor combinação irá depender do conhecimento existente quanto à rentabilidade das hortaliças relacionadas e à relação solo-planta. Logo, não é possível a recomendação de um único sistema de rotação de culturas. A decisão das espécies e cultivares a incluir nas rotações também tem de considerar as oportunidades de comercialização e o ciclo natural de cada cultura (BARROS; CALADO, 2011).

Apesar das boas práticas de manejo de solo como a rotação, análise de solo e uso de corretivos servirem como ferramentas para o cultivo seguro, muitos agricultores acabam por fazer o uso do plantio descontinuado e mal distribuído de culturas, contribuindo para a ocorrência dos fatores de desgaste do solo (BERTONI; NETO, 2012).

Esse problema se dá devido à falta de condição de uso do conhecimento científico de conservação de solo e água por partes dos agricultores, à falta realização de um planejamento que respeite a conservação dos recursos naturais de caráter renovável e a não adesão a tecnologias que promovam maior eficiência das práticas agrícolas (BERTONI; NETO, 2012).

2.5 O USO DE TECNOLOGIAS DE INFORMAÇÃO NO CENÁRIO AGRÍCOLA

A TI constitui-se de um conjunto de ferramentas, atividades e soluções, providas de recursos computacionais destinados ao registro, armazenamento, tratamento e disponibilização de informação. Não são necessariamente *software* ou *hardware*, podendo abranger também um conhecimento estratégico ou de planejamento (PORTAL DA EDUCAÇÃO, 2013).

O setor do agronegócio iniciou o seu processo de adoção, uso e disseminação de tecnologias da informação de uma forma mais lenta e menos intensiva que os setores de serviços, comércio e indústria (ZAMBALDE *et al.*, 2011). Hoje, este setor encontra-se mais avançado no uso de tecnologias para alcançar os objetivos das boas práticas agrícolas, que são diminuir os custos e maximizar a produção, sem prejudicar a qualidade dos produtos ou danificar o meio ambiente (BALSAN, 2006).

Uma das tecnologias de ponta que pode ser citada é a chamada agricultura de precisão, que faz uso de TI como *Global Positioning System* (GPS) para referenciamento e posicionamento e tecnologias de sensoriamento remoto, juntamente com outros *softwares* acoplados a outras ferramentas agrícolas, como colheitadeiras e semeadoras, para a determinação de procedimentos em uma porção específica da lavoura, de modo a empregar quantidades diferentes de fertilizantes, variando de acordo com a qualidade do solo e condição climática (NUNES, 2016).

Os setores agrícolas podem aumentar ainda mais a competição do segmento, por meio do gerenciamento adequado de informações que a TI pode proporcionar. Com o gerenciamento de dados agrícolas é possível a obtenção de informações qualitativamente melhores, mais precisas e fáceis de serem compreendidas para a tomada de decisão do produtor e técnicos agrícolas (SARTORELLI; MONTANHA, 2015).

Contudo, a eficiência das ferramentas tecnológicas só é possível por meio da adoção de práticas que garantam a qualidade do produto de TI, como o controle e padronização de atividades, métodos e ferramentas de desenvolvimento de *software*. Essa qualidade pode ser proporcionada pela Engenharia de *Software*.

2.6 ENGENHARIA DE *SOFTWARE*

De acordo com Sommerville (2011), a engenharia de *software* procura selecionar a abordagem mais adequada para cada tipo de conjunto de circunstâncias. Para esse autor, não existe uma abordagem única e ideal para conceituá-la, mas noções dos fundamentos de processos e de organização de sistemas que constituem a sua essência.

Pressman e Maxim (2011) definem engenharia de *software* como uma série de princípios, conceitos, métodos e ferramentas que devem ser considerados ao planejar e desenvolver um *software*. Ainda segundo esses autores a engenharia de *software* é uma tecnologia em camadas fundamentadas em um comprometimento com a qualidade. Essas camadas constituem-se de métodos, processos e ferramentas.

2.6.1 Métodos

Os métodos são estruturas que fornecem informações técnicas e dizem como desenvolver o processo, envolvendo comunicação, análise de requisitos, modelagem, construção do *software*, testes e manutenção (PRESSMAN; MAXIM, 2011). Leite (1999) define um método como um modelo ou proposta genérica, teórica e consistente de ações que visam colocar em prática determinado processo.

Soares (2004) cita e define os tipos mais conhecidos de métodos da seguinte maneira:

- a) Métodos ágeis: Baseiam-se em desenvolvimento incremental, onde o envolvimento com o cliente é mais importante do que a documentação e processos formais – não sendo esses descartados – e há uma adaptabilidade maior a mudanças.
- b) Métodos tradicionais: Incluem abordagens mais estruturadas e rígidas, com o planejamento e a documentação finalizados antes da codificação e maior ênfase em processos sequenciais.

2.6.2 Processos

Um processo é um conjunto de procedimentos usados para se chegar a algum objetivo (PAULA FILHO, 2003). De acordo com Pressman e Maxim (2011), um processo é uma abordagem adaptável para a construção de *softwares* de forma racional e pontual.

Sommerville (2011) aborda três modelos de processos de *software*, sendo eles o modelo em cascata, o orientado a reuso e o de desenvolvimento incremental.

No modelo em cascata deve-se planejar todas as atividades previamente e o início de uma fase necessita que o processo anterior tenha sido finalizado (SOARES, 2004). Esse modelo só deve ser usado quando a probabilidade de ocorrerem mudanças durante o andamento do projeto é pouco provável.

Reuso é o aproveitamento de um mesmo artefato em diferentes sistemas e se compara, em partes, com os outros modelos de processos, ocorrendo algumas vezes informalmente e de forma parcial em projetos de desenvolvimento de *software*. Quando se tem conhecimento de códigos semelhantes aos necessários para a elaboração de alguma função requerida, os desenvolvedores podem buscar esses recursos, realizar modificações e incorporá-los a seu sistema, obtendo a vantagem de diminuir a quantidade de código a ser construído (REINEHR, 2008).

Desenvolvimento incremental equivale à forma como as pessoas se comportam na vida real ao se depararem com um problema: elas dividem esses problemas e os resolvem aos poucos, repensando suas ações diante dos erros que aparecem no percurso, em vez de planejarem uma solução completa com antecedência (SOMMERVILLE, 2011).

Tal modelo de processo está envolvido em abordagens ágeis e baseia-se na ideia de desenvolver uma implementação inicial com as principais funcionalidades e expô-la aos usuários, que fornecem um *feedback*, o que permite aos desenvolvedores terem consciência se o funcionamento do sistema está de acordo com o especificado pelo cliente, tornando possível a identificação e correção de erros ainda no começo (SOARES, 2014). Isso evita que problemas tomem proporções maiores por não terem sido descobertos com antecedência. A implementação de funcionalidades secundárias e correções continuam até que o sistema seja adequado (SOMMERVILLE, 2011). Nessa abordagem as fases de especificação, desenvolvimento e validação são intercaladas.

Esse modelo é indicado para processos suscetíveis a mudanças, pois podem ser gerenciadas por meio de: prevenção, através da prototipação, com a construção de um protótipo inicial com os requisitos mais importantes a serem validados pelo usuário que pode propor

mudanças, caso necessário; ou tolerância, com o uso de entregas incrementais, onde conjuntos de requisitos são implementados e disponibilizados periodicamente para que o usuário valide ou sugira mudanças a cada entrega de incremento (SOMMERVILLE, 2011).

Independentemente do processo de *software* escolhido, quatro atividades básicas devem ser envolvidas: especificação de *software*, projeto e implementação, validação e evolução (PRESSMAN; MAXIM, 2011; SOMMERVILLE, 2011).

Especificar um *software* significa definir os serviços requisitados e identificar os seus limites, através da compreensão de problemas e soluções (SILVA; COSTA; SPINOLA, 2005; SOMMERVILLE, 2011).

A especificação de *software* engloba análises, entrevistas com os *stakeholders* e descrições abstratas de como o *software* deve se comportar. Essas descrições podem ser feitas com o uso de construção de cenários, em que cada cenário determina a sequência de atividades de uma operação; ou com a criação e descrição de diagramas de casos de uso e suas especificações em texto estruturado, descrevendo o momento em que um fluxo se inicia e termina, condições para que ele aconteça e quando e com quem ele interage (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2005).

Na etapa de projeto, define-se a estrutura do *software* a ser implementado em termos de arquitetura, dados, interface e componentes (PRESSMAN; MAXIM, 2011; SOMMERVILLE, 2011). Então, a implementação dos requisitos definidos seguindo a estrutura projetada gera uma solução executável por meio de codificação.

A validação tem o intuito de verificar por meio de testes, que são execuções controladas do sistema, se o comportamento do *software* está de acordo com o requisitado. Os testes possuem níveis, tipos e técnicas. Os níveis especificam o momento em que ocorre a execução do teste, podendo ser durante ou ao final do desenvolvimento; tipos, que dizem o que será testado, como uma funcionalidade, uma interface ou segurança; e técnicas, que dizem respeito a como serão executados os testes, podendo ser estruturais (voltados para o código) ou funcionais (com foco nos requisitos) e podendo envolver os usuários (CRESPO, *et al.*, 2004).

Finalmente, mesmo depois de entregues, *softwares* precisam ser constantemente aprimorados com o objetivo de corrigir defeitos, se adaptar à novas demandas e ambientes (SOMMERVILLE, 2011). Consequentemente a evolução de *software* possibilita o aumento da sua vida útil.

2.6.3 Ferramentas

Ferramentas fornecem suporte automatizado ou semiautomatizado para métodos e processos, apoiando o gerenciamento do projeto nas atividades de especificação de requisitos, documentação, programação, testes, gerenciamento de versões e outras atividades que envolvem o construção de *softwares* (PRESSMAN; MAXIM, 2011; GIACOBO, 2012). Exemplos de ferramentas utilizadas são editores e compiladores de código, padrões de desenvolvimento ou modelagem e ferramentas de gerenciamento de banco de dados.

As ferramentas utilizadas na execução deste trabalho são apresentadas em sua metodologia, tendo algumas voltadas especificamente para o desenvolvimento de sistemas *web*.

2.7 SISTEMAS WEB

Segundo Paula Filho (2003), um sistema ou aplicação *web* é um produto de *software* que usa arquitetura distribuída, pelo menos parcialmente, através do protocolo de transferência de hipertexto *HyperText Transfer Protocol* (HTTP) que é um protocolo de comunicação para sistemas de informação que permite transferir dados entre redes de computadores, sendo a base de comunicação da *World Wide Web* (WWW).

A arquitetura de uma aplicação *web* funciona começando pelo navegador, que envia uma solicitação ao servidor responsável por verificar e processar o arquivo solicitado por meio de uma linguagem, montando o conteúdo da página requerida. Muitas vezes o conteúdo, parte dele ou algum dado necessário para exibi-lo pode estar em um banco de dados. O servidor então envia a resposta de volta ao navegador, que pode ou não realizar pequenos processamentos locais, que exhibe o resultado retornado (BENTO, 2014; ZANETI JÚNIOR; VIDAL, 2005).

Para Pressman e Maxim (2011), uma aplicação *web* pode ser desde uma simples página estática a um *site* repleto de recursos dinâmicos, com processamento, transferência e armazenamento de dados. Dos anos 90 até os dias de hoje as aplicações *web* foram se tornando mais complexas, com grande volume de dados e transações, voltados para processos de negócio. (JACYNTHO, 2008).

Tendo em vista o aumento da popularidade desse tipo de sistema e sua crescente complexidade, é necessário que o desenvolvedor de aplicações *web* preze pela qualidade das mesmas, construindo aplicações flexíveis, bem estruturadas e bem apresentadas.

De acordo com as dez heurísticas apresentadas por Nielsen em 1994, qualquer aplicação, seja ela *web* ou não, precisa apresentar as seguintes características para ser considerada de boa

usabilidade: visibilidade de estado, correspondência entre o sistema e o mundo real, liberdade de controle do usuário, consistência e padrões, prevenção de erros, reconhecimento acima da memorização, flexibilidade de eficiência e uso, estética minimalista, diagnóstico e recuperação de erros, ajuda e documentação (ANDRADE, 2007; FEIJÓ; GONÇALVES; GOMES, 2013).

Também é importante que um sistema *web* traga o conceito de *design* responsivo, podendo ser acessado de qualquer dispositivo sem que haja distorções do conteúdo apresentado, ou seja, deve responder a qualquer resolução ou capacidade de cores, através de características técnicas de desenvolvimento específicas (ZEMEL, 2012).

As principais vantagens desse tipo de sistema estão ligadas ao seu acesso e manutenção. Vários usuários em diversos locais podem fazer uso da aplicação, sem precisar de um *hardware* robusto para que isso aconteça, uma vez que haja conexão com *internet* e um navegador. Atualizações no sistema são feitas pelo servidor e essas características permitem que o desenvolvedor trabalhe com uma ferramenta universal e não precise criar versões diferentes de um produto para diferentes dispositivos ou instalar o *software* em cada computador de usuário, o que aumentaria os custos significativamente (SOMMERVILLE, 2011).

2.8 TRABALHOS CORRELATOS

Soares, Silva e Zambalde (2004), em seu trabalho intitulado “Ceres_{sefs}: Um Sistema Especialista para o Cálculo da Necessidade de Calagem e Recomendação de Corretivo”, propõem uma aplicação em versão para *desktop* e em versão para *Internet* que realize cálculo de calagem para diversos tipos de culturas, em linguagem de programação Java. Nesse trabalho, é destacada a capacidade de um sistema *web* em alcançar maior número de usuários e a importância da modelagem para documentação e facilidade de manutenção. São apresentados detalhes sobre o cálculo da necessidade de calagem e quantidade de calcário a ser utilizado, e também a caracterização de um sistema especialista e suas principais vantagens. O desenvolvimento do Ceres_{sefs} não havia sido finalizado até a publicação do trabalho, servindo, de acordo com os seus autores, apenas como um protótipo a ser melhorado.

Em 2006, no trabalho “Sistema de interpretação de análise de solo para recomendação de adubação mineral Nitrogênio-Fósforo-Potássio (NPK) para a cultura do milho”, Carvalho *et al.*, propõem um sistema alternativo às tabelas usadas na época com o objetivo de interpretar informações sobre disponibilidade de nutrientes no solo, seu acúmulo na planta do milho e realizar recomendações de fertilizantes. O cálculo utilizado é dividido em seis etapas que são apresentadas por meio de fluxogramas. O objetivo do sistema também seria o cálculo da

disponibilidade de nutrientes oriundos de restos de plantas. No trabalho, nenhuma documentação ou processo de desenvolvimento foram apresentados.

A tese “Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro”, de Silva (2006), relaciona métodos que determinam a necessidade de nutrientes apresentada pela planta e a capacidade do solo em suprir nutrientes para conseguir alcançar a produção esperada. Nesse trabalho, caracteriza-se o modelo como simplificações da realidade e destaca a importância de uma equipe multidisciplinar para a criação de bons modelos. Também destaca o fato de existirem divergências no país para o cálculo de fertilizantes e da necessidade de solução para essas questões. O trabalho não apresentou documentação dos requisitos, métodos ou processos de desenvolvimento utilizados para a construção do sistema FERTCALC®-Abacaxi e o autor afirma que o sistema precisa ser aperfeiçoado.

3 METODOLOGIA

Seguindo a linha de metodologia científica proposta por Marconi e Lakatos (2010), este capítulo descreve a natureza e o caráter da pesquisa, os instrumentos utilizados, o conjunto das atividades que permitirão alcançar objetivos do projeto, a população e amostra trabalhada e o tratamento dos dados colhidos por meio dos instrumentos utilizados.

3.1 NATUREZA DA PESQUISA

Este trabalho possui características metodológicas do ramo da investigação-ação, sendo mais especificamente uma pesquisa-ação, pois procura intervir na prática de modo inovador no decorrer do próprio processo de pesquisa, gerando melhorias tanto na compreensão dessa prática quanto na prática em si (ENGEL, 2000).

3.2 UNIDADE DE ANÁLISE

O *software* é destinado a técnicos agrícolas e pequenos e médios agricultores com ou sem formação profissional. Desta forma, a unidade de análise desse projeto foi o especialista professor Alisson José Eufrásio de Carvalho, que possui mestrado em Produção Vegetal e experiência na área de agronomia e estudantes dos cursos de Bacharelado em Agronomia do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais campus São João Evangelista (IFMG-SJE) que, ao final do projeto, foram convidados a fazer uma avaliação do *software*.

3.3 TECNOLOGIAS UTILIZADAS

Para Tripp (2005, p. 446), a investigação-ação tem como característica a “oscilação sistemática entre agir no campo da prática e investigar a respeito dela”. Desse modo, esse projeto ocorreu de forma em que os pesquisadores estudaram continuamente a respeito das duas áreas envolvidas, TI e Agricultura, e desenvolveram uma solução tecnológica objetivando a otimização de práticas agrícolas de cultivo, simultaneamente.

A pesquisa-ação é participativa na medida em que inclui todas as pessoas que, de algum modo, estão envolvidas nela e é colaborativa em seu modo de trabalhar (TRIPP, 2005). Através das reuniões e levantamento bibliográfico foi possível definir ferramentas, métodos e processos e adaptá-los sempre que necessário, como linguagem de programação, modelos e arquitetura.

O *software* foi construído para funcionar em plataforma *web* para uma melhor interatividade e independência de sistemas operacionais, sendo necessárias várias tecnologias e ferramentas para a sua construção. Neste trabalho, especificamente, foram utilizadas as tecnologias/ferramentas apresentadas a seguir.

A arquitetura do *software* define seus elementos – classes e objetos, por exemplo – e como eles interagem entre si, podendo haver diferentes padrões de arquitetura com diferentes enfoques. O padrão de arquitetura *Model-View-Controller* (MVC) foi usado nesse projeto por sugerir uma estrutura organizada em componentes, facilitando entendimento, reuso e manutenção de código, uma vez que a modificação de um componente não afeta outros. (SILVA, 2012).

Nesse projeto o *model* foi dividido em partes que definem as propriedades e métodos das classes, a visibilidade dos objetos instanciados e seus métodos de acesso (*getters* e *setters*), bem como as regras de validação de atribuição de valores às propriedades; controlam as operações de manipulação dos dados no banco por meio do padrão de persistência de dados *Data Access Object* (DAO), que permite separar regras de acesso ao banco de dados de outras regras (funções) da aplicação armazenados no banco de dados; e funções específicas do sistema.

A partir das *views*, que representam os componentes da interface, o usuário faz requisições ao sistema que são enviadas para o *controller*. O *controller* tem como função o gerenciamento do comportamento do sistema, como por exemplo, qual tela será exibida para o usuário ou qual método do *model* deve ser executado.

A Linguagem de Marcação de Hipertexto, do inglês *Hypertext Markup Language* (HTML), foi escolhida por possuir recursos que serão adequados para estruturação de conteúdo, como por exemplo, criação de formulários, botões, manipulação de imagens, entre outros (TOSING, 2012).

Para a formatação visual das páginas foi utilizada a Folha de Estilo em Cascata, do inglês *Cascade Style Sheets* (CSS). Ela é necessária para manipular as cores, tamanhos e formatos dos elementos, trabalhando em conjunto com o HTML, utilizando-se de manipulação de seletores, propriedades e valores para prover às páginas as configurações visuais necessárias (ZEMEL 2012; MAZZA, 2012).

A linguagem de *script* Javascript é uma linguagem interpretada, que suporta o paradigma de orientação a objetos e foi usada sua versão 1.8.5 para o desenvolvimento de aspectos dinâmicos e interatividade do sistema (SILVA, 2010).

Para tornar a codificação CSS e Javascript mais fácil, foram utilizados *frameworks* e bibliotecas que disponibilizam algumas funcionalidades básicas prontas para uso. Uma delas

foi a JQuery na versão 2.1.0, que é uma biblioteca Javascript que permite a manipulação de eventos e documentos HTML de maneira mais simples e direta, tornando o desenvolvimento mais rápido e o código menor (GRILO; FORTES, 2008; BALDUINO, 2012; JQUERY, 2016).

Além da JQuery, também foi usado o Bootstrap versão 3.3.7, um *framework* que combina CSS e Javascript para a criação de sites e aplicações *web* responsivas. O Bootstrap permite economias significativas de tempo e código e é voltado principalmente para a formatação visual e interatividade das páginas do *software* (SILVA, 2015).

Para a geração de relatórios foi usada a biblioteca mPDF na versão 6.1.0, para a estilização de caixas de diálogo usadas para mostrar algumas mensagens de alerta para o usuário foi usada a biblioteca VEX na sua versão 3.1.0 e para a customização do sistema com uso de ícones foi usado o *framework* Font Awesome versão 4.7.0.

Para manipulações no lado servidor foi usado o *PHP Hypertext Preprocessor* (PHP) versão 7.1. O PHP é uma linguagem de programação *open source*, mundialmente utilizada e adequada para o desenvolvimento *web* e pode ser embutida no HTML (BENTO, 2014). Um exemplo de uso do PHP é a gravação e recuperação de informações que estão armazenadas em um banco de dados no servidor.

Como servidor HTTP e interpretador PHP foi usado o Apache 2.4.25, uma vez que ele é conhecido por sua segurança, eficiência, extensibilidade e estabilidade (AVOYAN, 2015). O Apache recebe as requisições do cliente, interpreta o PHP, que realiza o processamento necessário e retorna os dados para o Apache, que os entrega ao navegador (BENTO, 2014).

Foram usados para a construção do banco de dados, a linguagem de manipulação de banco de dados *Structured Query Language* (SQL) e o Sistema Gerenciador de Banco de Dados (SGBD) MariaDB versão 10.1.22, que possui bom desempenho, é seguro, escalável e robusto, características importantes para um banco de dados relacional, além de ser compatível com o MySQL (LIMA, 2016).

Dois Ambientes de Desenvolvimento Integrado, do inglês *Integrated Development Enviroment* (IDE) foram usados: o Sublime Text 3 e o Visual Studio Code 1.12.1. A principal função de uma IDE foi auxiliar na criação e edição de código, com o uso, por exemplo, de *autocomplete*, que é uma função de sugestões de palavras de acordo com funções, variáveis nativas da linguagem, variáveis criadas pelo desenvolvedor ou até mesmo outras palavras que já foram digitadas; indicativos de erro; o uso de cores diferentes para cada tipo de elemento em um código; acesso integrado a arquivos e pastas do projeto; e suporte a controle de versão.

Uma vez que a capacidade humana de compreensão é limitada, é necessário delimitar o problema a ser resolvido. A modelagem ajuda a restringir o foco dos desenvolvedores por meio

dessa delimitação. Para a modelagem deste projeto foi usada a Linguagem de Modelagem Unificada, do inglês, *Unified Modelling Language* (UML), linguagem gráfica orientada a objetos que permite a visualização, especificação, construção e documentação de artefatos de sistemas complexos de *software* (BOOCH; RUMBAUGH; JACOBSON, 2005), foi usada na versão 2.0 para representar as múltiplas perspectivas do sistema por meio de diagramas (COSTA, 2001).

A UML permite a compreensão detalhada, conclusiva e livre de ambiguidades sobre como os requisitos ficarão após implementados, contribuindo para a prevenção de erros. Os modelos devem representar as informações em diferentes níveis de abstração, tanto da perspectiva do usuário como do desenvolvedor, levando em consideração a arquitetura e as funções que permitem o cumprimento das características desejadas, podendo ser utilizados para diferentes linguagens de programação (PRESSMAN; MAXIM, 2011).

Dentre os diagramas da UML apresentados por Booch, Rumbaugh e Jacobson (2005), foram usados os seguintes diagramas para este projeto:

- a) Diagrama de Casos de Uso, empregado para documentar aspectos dinâmicos do comportamento do sistema do ponto de vista do usuário, apresentando os relacionamentos entre os atores e o sistema;
- b) Diagrama de Classes, usado para a modelagem estática, representa a estrutura das classes que servem de modelo para objetos, documentando também as interfaces, colaborações e relacionamentos entre artefatos de um sistema;
- c) Diagrama de Atividades, usado também para modelagem dinâmica, mostra o fluxo de controle com ramificações e concorrências entre as atividades realizadas no *software*.

Para a confecção desses diagramas, foi usada a ferramenta de desenvolvimento de diagramas Astah Community na versão 7.1.0.

Ainda, foi criado o Diagrama de Entidade e Relacionamento (DER), através da ferramenta Workbench 6.3, que é uma ferramenta visual para administração, modelagem e criação de banco de dados, execução e otimização de consultas, dentre outras funções (MYSQL, 2017). Esse diagrama, por sua vez, tem o objetivo de mapear a forma como os dados utilizados pelo sistema são armazenados em tabelas na base de dados.

O guia Recomendação para o Uso de Corretivos e Fertilizantes em Minas Gerais – 5ª aproximação, criado pela Comissão de Fertilidade o solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG)

(RIBEIRO; GUIMARÃES; ALVARES, 1999), serviu para consultar as fórmulas que foram utilizadas nas funcionalidades do *software*.

Para a validação, foi usado um questionário adaptado da ferramenta *System Usability Scale* (SUS), que se encontra no Apêndice A. Essa ferramenta é utilizada em diversos projetos com a intenção de estimar de forma subjetiva a usabilidade de um sistema (FILARDI; TRAINA, 2008). O SUS foi criado em 1986 e é composto por dez questões para as quais os entrevistados atribuem notas em uma escala de 1 a 5, de acordo com o nível de concordância delas em relação a uma questão, sobre algum aspecto de um sistema (BROOKE, 1996).

Todas as ferramentas mencionadas são de livre utilização, exceto editor de código Sublime Text que, apesar de ter uma versão paga, também possui uma versão de teste que pode ser utilizada gratuitamente sem limite de tempo. Logo, não houve necessidade de investimentos para o desenvolvimento deste trabalho.

O modelo de análise de solo utilizado como referência para a criação do *software* proposto, no que diz respeito à entrada de dados, foi o do laboratório de análises de solo do IFMG-SJE. O Instituto está vinculado ao Programa Interlaboratorial de Controle de Qualidade de Análise de Solos de Minas Gerais (PROFERT-MG), que executa avaliações da qualidade das análises químicas do solo e promove intercâmbio entre laboratórios ligados à CFSEMG (IFMG *CAMPUS* SÃO JOÃO EVANGELISTA, 2014).

3.4 DESCRIÇÃO DAS ATIVIDADES REALIZADAS

Para o cumprimento dos objetivos desse trabalho foi feito um levantamento bibliográfico a respeito de fertilidade do solo e técnicas de adubação, calagem e rotação de culturas. Também se estudou conceitos de arquitetura, engenharia de *software* e programação *web*. Ainda foram feitas reuniões periódicas com o orientador Rosinei Soares Figueiredo e com o coorientador Alisson José Eufrásio de Carvalho, especialista da área agrícola, com o intuito de aprimorar os conceitos estudados, levantar requisitos e, posteriormente, validar o sistema com a participação dos alunos do 9º período do curso de Agronomia.

A princípio foi feito o levantamento de requisitos junto ao especialista, que também explicou os métodos de cultivo, adubação e calagem. Também houve esclarecimento a respeito dos princípios de interação entre solo e planta de acordo com os elementos presentes em cada um e de como devem ser feitos os cálculos para interpretação de análise de solo, sugestão de adubo, calagem e sucessão de culturas.

Após isso, os requisitos foram analisados, as funcionalidades básicas do sistema foram definidas e um protótipo foi criado com o objetivo de elaborar uma interface gráfica rudimentar

para o sistema com as suas principais funções. Esse protótipo foi analisado e validado através de uma reunião com o especialista, quando foram notificadas as primeiras sugestões de mudanças. Essa ação reflete o processo incremental de desenvolvimento com o uso de protótipo para validação de requisitos e suporte a prevenção a mudanças, descrito por Sommerville (2011).

Os diagramas foram elaborados desde o levantamento de requisitos até a fase final de codificação, uma vez que sempre que surgia uma nova demanda, os mesmos precisavam ser revisados e adaptados, ajudando na compreensão das funcionalidades do sistema. A especificação dos casos de uso foi desenvolvida para complementar o entendimento das funcionalidades do sistema servir de base para futuros testes.

Também, a cada nova funcionalidade implementada foram realizadas verificações estáticas no código, ou seja, sem executá-lo. Esses testes foram focados na melhoria do código-fonte, simplificando estruturas complexas, excluindo códigos desnecessários e revendo padrões inconsistentes de desenvolvimento, pois esses problemas podem afetar o funcionamento do sistema e sua evolução (SOMMERVILLE, 2011).

Antes da validação do sistema, o *software* foi testado pelo especialista e alguns ajustes foram realizados. Nessa fase o especialista também verificou a integridade dos cálculos realizados pelo sistema.

Por fim, o *software* foi disponibilizado a estudantes que cursaram a disciplina de Fertilidade do Solo com o intuito de que os desenvolvedores pudessem analisar a experiência do usuário no que se refere à usabilidade do sistema, através de observação e aplicação do questionário para avaliação de usabilidade. Nessa fase de testes de usuário, os alunos puderam experimentar o sistema, levantar problemas e sugerir melhorias que foram descritas afim de servirem como propostas para trabalhos futuros.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta os resultados obtidos com a realização das atividades e do uso das ferramentas, métodos e processos apresentados e conceituados nos capítulos anteriores.

Ao longo do desenvolvimento foram feitas revisões a respeito dos objetivos e da metodologia. Anteriormente, um dos objetivos era que o sistema não dependesse de conexão com a internet. Contudo, deixar o *software* hospedado na internet foi mais viável por facilitar seu acesso e não limitar a quantidade de usuários a uma rede interna, contribuindo até mesmo com a fase de validação com os alunos.

A seguir são apresentados os requisitos levantados, os casos de uso e suas descrições realizados durante a fase de especificação do SoloFértil, também a documentação referente à especificação de componentes de *software*, arquitetura e banco de dados. Ao final, são apresentados o protótipo inicial e telas do sistema em sua versão final.

As fases descritas se intercalam, não sendo sequenciais, uma vez que o sistema foi desenvolvido seguindo o modelo de processo incremental.

4.1 ESPECIFICAÇÃO DO *SOFTWARE*

Os requisitos que integram o sistema foram documentados e agrupados em quadros, resultando em um total de 36 requisitos, sendo 29 requisitos funcionais e 7 requisitos não funcionais.

4.1.1 Requisitos Funcionais

Os requisitos funcionais representam a forma como o sistema deve se comportar diante de determinadas entradas e situações, são ações úteis aos usuários (PRESSMAN; MAXIM, 2011; LEMOS, 2009; LUCINI; TANCON, 2014). O Quadro 1 apresenta os requisitos relacionados a manipulação de dados de usuário e acesso ao sistema.

Quadro 1 – Requisitos: Funções de usuário

Requisito		Descrição
RF 1.1	Cadastrar usuário	Mantém dados do usuário e seus parâmetros de acesso ao sistema.
RF 1.2	Visualizar usuário	Permite que cada usuário possa ter acesso aos seus próprios dados.
RF 1.3	Editar usuário	Permite ao usuário atualizar suas informações de acesso.

RF 1.4	Excluir usuário	Exclui todos os dados salvos do usuário, inclusive qualquer dado criado por ele referentes a qualquer objeto no sistema.
RF 1.5	Autenticar usuário	Inicia uma seção permitindo ao usuário utilizar as funções do sistema e manipular os dados referentes à sua conta.
RF 1.6	Desautenticar usuário	Encerra a seção em que o usuário estava autenticado, desabilitando as funções do sistema.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 2 traz os requisitos relacionados a manipulação de dados de produtores cadastrados por usuário.

Quadro 2 – Requisitos: Funções de produtor

Requisito		Descrição
RF 2.1	Listar produtores	Retorna a lista de produtores cadastrados pelo usuário.
RF 2.2	Cadastrar produtor	Armazena os dados sobre o produtor.
RF 2.3	Visualizar produtor	Permite acesso aos dados de um produtor armazenado pelo usuário.
RF 2.4	Editar produtor	Permite atualizar informações sobre um produtor armazenado pelo usuário.
RF 2.5	Excluir produtor	Permite excluir informações sobre um produtor armazenado pelo usuário, excluindo inclusive análises e informações sobre produção vinculadas a ele.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 3 mostra as funcionalidades relacionadas a disponibilização de informações sobre todas as culturas armazenadas no banco de dados.

Quadro 3 – Requisitos: Informações sobre culturas

Requisito		Descrição
RF 3.1	Listar culturas	Retorna uma lista com as culturas cadastradas no sistema.
RF 3.2	Informações sobre culturas	Permite a consulta a informações relevantes para o cultivo de uma cultura.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 4 é possível observar as principais funcionalidades do sistema. Essas funcionalidades realizam os cálculos, comparações e classificações relacionadas a análises laboratoriais, necessidades das culturas e características dos fertilizantes.

Quadro 4 – Requisitos: Funções de cálculos

Requisito		Descrição
RF 4.1	Sugerir cultura	Retorna uma lista com sugestão de culturas que podem ser plantadas de acordo com importância de nutriente, última cultura plantada e análise cadastrada.
RF 5.1	Sugerir adubos	Sugere adubos de acordo com a necessidade de uma determinada cultura, levando em conta as características do solo apresentadas na análise. Também permite a simulação de compra de fertilizantes simples e compostos.
RF 6.1	Interpretar análise	Retorna uma classificação de cada elemento presente na análise, indicando as características do solo.

Fonte: Elaborado pelos autores.

No Quadro 5 são apresentadas operações que permitem a manipulação de dados de uma análise. É importante observar que na função de memorização de análise mostrada no requisito RF 6.7, caso o usuário saia do sistema, os dados memorizados serão perdidos e para o cadastro de análise descrito no requisito RF 6.3 é preciso que haja um produtor vinculado.

Quadro 5 – Requisitos: Gerenciamento de análises

Requisito		Descrição
RF 6.2	Listar análises	Retorna a lista de análises cadastradas pelo usuário.
RF 6.3	Cadastrar análise	Armazena os dados sobre a análise, incluindo dados que identifiquem a que produtor, local, profundidade e a qual data a análise pertence. Permite que a análise cadastrada fique disponível para a realização das funções de sugestão de adubo, sugestão de cultura e interpretação de análise.
RF 6.4	Visualizar análise	Permite acesso aos dados de uma análise armazenada pelo usuário, incluindo dados que identifiquem a que produtor, local, profundidade e a qual data a análise pertence. Permite que a análise visualizada fique disponível para a realização das funções de sugestão de adubo, sugestão de cultura e interpretação de análise.
RF 6.5	Editar análise	Permite atualizar informações sobre uma análise armazenada pelo usuário, incluindo dados que identifiquem a que produtor, local, profundidade e a qual data a análise pertence. Permite que a análise armazenada e atualizada fique disponível para a realização das funções de sugestão de adubo, sugestão de cultura e interpretação de análise.
RF 6.6	Excluir análise	Permite excluir informações sobre uma análise armazenada pelo usuário.
RF 6.7	Memorizar análise temporariamente	Permite que uma análise inserida fique disponível para a realização das funções de sugestão de adubo, sugestão de cultura e interpretação de análise, sem armazená-la no banco de dados. A análise memorizada pode ser cadastrada.

Fonte: Elaborado pelos autores.

As operações de gerenciamento de produção permitem que o usuário realize um controle da produção de cada cultura cultivada por determinado produtor. Os requisitos que integram essa funcionalidade são apresentados no Quadro 6.

Quadro 6 – Requisitos: Gerenciamento de produção

Requisito		Descrição
RF 7.1	Listar produção	Retorna uma lista com produções cadastradas no sistema de acordo com produtor, cultura e intervalo de datas.
RF 7.2	Cadastrar produção	Permite vincular ao produtor, dados (gastos com adubo, rendimentos, data de colheita) a respeito de uma produção de uma cultura.
RF 7.3	Visualizar produção	Permite acesso aos dados de uma produção armazenada pelo usuário.
RF 7.4	Editar produção	Permite atualizar dados sobre uma produção armazenada pelo usuário.
RF 7.5	Excluir produção	Permite excluir dados sobre uma produção armazenada pelo usuário.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para facilitar o acompanhamento da evolução da produtividade de uma cultura, o sistema disponibiliza um relatório gráfico, para que o usuário possa analisar a produtividade, a relação entre gastos com adubo e receitas de vendas e os gastos com adubo orgânico, adubo mineral e calagem por data de produção cadastrada. O Quadro 7 mostra esse requisito.

Quadro 7 – Requisitos: Acompanhamento da evolução da produtividade

Requisito		Descrição
RF 8.1	Acompanhamento da produtividade	Permite a consulta de informações sobre a evolução da produtividade de determinada cultura para determinado produtor, através de um relatório gráfico.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 8 contém a descrição do requisito que permite gerar relatórios em formato de documento portátil, do inglês *Portable Document Format* (PDF).

Quadro 8 – Requisitos: Gerar relatórios

Requisito		Descrição
RF 9.1	Gerar relatórios	Oferece a opção de gerar documento que possa ser salvo em extensão PDF com os resultados de cada uma das funções de interpretação de análise, sugestão de adubo, sugestão de cultura, dados de uma análise consultada e informações sobre culturas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.2 Requisitos Não Funcionais

Requisitos não funcionais tratam de aspectos internos do sistema e costumam ser implícitos ao usuário, podendo referir-se a condições sobre segurança, usabilidade, acesso e manutenção (GUEDES, 2011). O Quadro 9 traz os requisitos não funcionais presentes no sistema.

Quadro 9 – Requisitos Não Funcionais

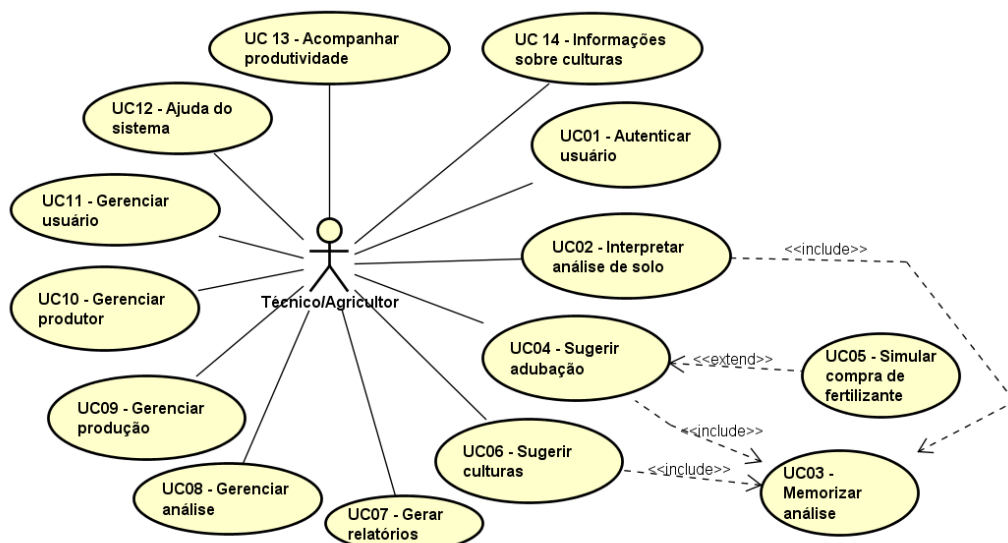
Requisito	Descrição
RNF 1.1	Cada usuário só pode ter acesso aos dados que ele cadastrou.
RNF 1.2	O sistema deve permitir o acesso apenas a pessoas autorizadas.
RNF 1.3	O sistema deve usar recursos de criptografia para o armazenamento de senha.
RNF 2.1	O sistema deve facilitar as atividades de seus usuários.
RNF 2.2	O sistema deve ser fácil de ser corrigido e atualizado no futuro.
RNF 3.1	O sistema deve ser desenvolvido para plataforma <i>web</i> .
RNF 4.1	O sistema deve fornecer instruções de uso e exibição das fórmulas utilizadas.

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.3 Diagrama de casos de uso

O diagrama de casos de uso apresentado na Figura 1 foi criado para fornecer uma visão geral das operações que o usuário pode realizar no sistema. É possível perceber que requisitos apresentados anteriormente puderam ser condensados em poucos casos de uso, facilitando o entendimento sobre as interações com o usuário.

Figura 1 – Diagrama de Casos de Caso



Fonte: Elaborado pelos autores.

4.1.4 Especificação de Casos de Uso

Casos de uso podem ser formados por diversos cenários possíveis. Cenários são como instâncias de um caso de uso e o descrevem de forma sequencial, considerando fluxos principais, alternativos, exceções, requisitos envolvidos, pré-condições para a realização do cenário e pós-condições que definem os resultados esperados após a execução do caso de uso (CELEPAR, 2009).

Para facilitar o entendimento do funcionamento de cada caso, foram criadas suas especificações (cenários), que também podem servir como base para casos de teste. Nas especificações criadas, algumas pré-condições e fluxos alternativos foram omitidos por serem óbvios ou necessários para a ocorrência de todos ou quase todos os cenários, como por exemplo, ter conexão com a internet, estar autenticado no sistema ou poder desistir de uma funcionalidade a qualquer momento.

O Quadro 10 apresenta os possíveis fluxos da operação de autenticação do usuário.

Quadro 10 – Especificação: Caso de Uso 01

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC01	Autenticar usuário.	RF1.1, RF1.5, RNF1.2.	Nenhuma significativa.	1. O ator fica habilitado a realizar ações no sistema.
	Fluxo principal	1. O ator decide se autenticar no sistema. 2. O ator entra com os dados necessários: a. E-mail; b. Senha. 3. O sistema autentica o usuário. 4. O sistema habilita suas funções. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo alternativo	FA_01 – Ator não possui cadastro no sistema: 1. O ator decide se cadastrar no sistema. 2. O ator entra com os dados necessários: a. Nome; b. E-mail; c. Senha. 3. O sistema armazena as informações no banco de dados. 4. O sistema autentica o usuário. 5. O sistema habilita suas funções. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo de exceção	FE_01 – Erro de autenticação: 1. No passo 2 do fluxo principal, o ator entra com dados incorretos. 2. O sistema retorna uma mensagem de erro. 3. O fluxo retorna ao passo 2 do fluxo principal.		

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 11 apresenta a especificação do caso de uso referente à interpretação de análise de solo.

Quadro 11 – Especificação: Caso de Uso 02

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC02	Interpretar análise de solo.	RF6.1, RF9.1, RNF2.1.	1. Uma análise deve estar memorizada (UC03).	1. O ator obtém as informações sobre a interpretação da análise.
	Fluxo principal	1. O ator escolhe a opção de Interpretação de Análise. 2. O sistema apresenta a classificação de cada elemento da análise de acordo com os valores inseridos. 3. O ator escolhe gerar relatório das informações retornadas (UC07). 4. O sistema gera relatório (UC07) O caso de uso se encerra.		
	Fluxo alternativo	FA_01 – Não gerar relatórios: 1. Após o passo 2 do fluxo principal o ator decide não gerar relatório. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo de exceção	FE_01 – Não memorizar análise: 1. O ator escolhe a opção de interpretação de análise sem ter memorizado uma análise anteriormente. 2. O sistema retornará uma mensagem de alerta. O caso de uso se encerra.		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para memorizar uma análise de solo é necessário que o usuário forneça os valores obrigatórios da tabela de análise do sistema. A memorização também pode ser feita através de operações de gerenciamento de análise conforme mostra o Quadro 12.

Quadro 12 – Especificação: Caso de Uso 03

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC03	Memorizar análise.	RF6.2, RF6.3, RF6.4, RF6.5, RF6.7, RNF2.1	Nenhuma significativa	1. Liberar funções que requerem memorização de análise. 2. Manter disponível a análise memorizada para realização de operações, até que uma nova análise seja memorizada.
	Fluxo principal	1. O ator insere os dados da análise na tabela padrão de memorização. 2. O ator escolhe memorizar a análise. 3. O sistema memoriza a análise temporariamente. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo alternativo	FA_01 – Memorizar análise pela consulta: 1. O ator memoriza uma análise através da função de consultar análises cadastradas no banco de dados (UC08). O caso de uso se encerra. FA_02 – Memorizar análise pelo cadastro: 1. O ator memoriza uma análise através da função de cadastrar análises no banco de dados (UC08). O caso de uso se encerra. FA_02 – Memorizar análise pela edição: 1. O ator memoriza uma análise através da função de editar análises cadastradas no banco de dados (UC08). O caso de uso se encerra.		
	Fluxo de exceção	FE_01 – Deixar campos em branco 1. O ator deixa de preencher os campos obrigatórios na tabela preenchimento de análise.		

	<ol style="list-style-type: none"> 2. O sistema retorna uma mensagem de aviso. 3. O fluxo retorna para o passo 2 do fluxo principal.
--	--

Fonte: Elaborado pelos autores.

O Quadro 13 apresenta os possíveis fluxos da operação de sugestão de adubação.

Quadro 13 – Especificação: Caso de Uso 04

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC04	Sugerir adubação.	RF5.1, RF9.1, RNF2.1	1. Uma análise deve estar memorizada (UC03).	1. O ator obtém sugestão de adubação.
	Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator escolhe a opção de sugestão. 2. O sistema retorna uma lista de culturas. 3. O ator escolhe uma cultura. 4. O sistema retorna informações sobre calagem, adubação mineral e orgânica e parcelamento da adubação. 5. O sistema apresenta a opção de simular compra de fertilizantes. 6. O ator realiza a simulação de compra de fertilizante (UC05). 7. O ator escolhe gerar relatório com as informações retornadas no passo 4 e 6 (UC07). 8. O sistema gera relatório (UC07). <p>O caso de uso se encerra.</p>		
	Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Não simular compra de fertilizantes:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal, o usuário decide não simular compra de fertilizante. 2. O ator decide gerar relatório somente com as informações retornadas no passo 4 do fluxo principal (UC07). 3. O sistema gera relatório (UC07) <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_02 – Não gerar relatórios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 2. Após o passo 5 ou 6 do fluxo principal o usuário decide não gerar relatório. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
	Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Não memorizar análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O ator escolhe a opção de sugestão de adubo sem ter memorizado uma análise anteriormente. 2. O sistema retornará uma mensagem alerta. <p>O caso de uso se encerra.</p>		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após realizar a sugestão de adubação (QUADRO 13), há a opção de simular compra de fertilizantes, conforme mostrado no Quadro 14. Não há fluxos de exceção consideráveis, já que na operação não há oportunidades para o usuário cometer erros de usabilidade no sistema.

Quadro 14 – Especificação: Caso de Uso 05

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC05	Simular compra de fertilizante.	RF5.1, RNF2.1.	1. Ter iniciado a função de sugestão de adubo com a cultura escolhida (UC04).	1. Apresentar uma quantidade de adubo específica.
	Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O sistema apresenta a escolha de simular compra de fertilizante. 2. O ator escolhe simular. 3. O sistema pede ao ator que escolha entre fertilizante simples e misto. 		

	<ol style="list-style-type: none"> 4. O usuário escolhe adubo simples. 5. O sistema requer escolha dos tipos de fertilizantes simples que podem ser escolhidos para cada nutriente. 6. O usuário escolhe os tipos de fertilizantes. 7. O sistema retorna a quantidade de adubo final para cada fertilizante escolhido. <p>O caso de uso se encerra.</p>
Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Escolher adubo misto:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 3 do fluxo principal, o usuário escolhe simular compra com adubo misto. 2. O sistema apresenta as fórmulas mistas mais encontradas no mercado. 3. O usuário escolhe uma formulação. 4. O sistema apresenta a quantidade final de adubo misto. <p>O caso de uso se encerra.</p>
Fluxo de exceção	Nenhum.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O usuário pode utilizar seus conhecimentos sobre rentabilidade e relacioná-los com a opção de sugestão de culturas do *software*, que é especificada no Quadro 15.

Quadro 15 – Especificação: Caso de Uso 06

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC06	Sugerir culturas	RF4.1, RF9.1, RNF2.1	1. Uma análise deve estar memorizada (UC03).	1. O ator obtém uma lista de culturas sugeridas para sucessão de cultura.
Fluxo principal		<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator escolhe a opção de sucessão de culturas. 2. O ator seleciona a última cultura plantada. 3. O ator seleciona a ordem de nutrientes por relevância, não sendo possível escolher o mesmo nutriente mais de uma vez. 4. O sistema retorna uma lista com 10 culturas sugeridas. 5. O ator escolhe gerar relatório (UC07). 6. O sistema gera o relatório (UC07). <p>O caso de uso se encerra.</p>		
Fluxo alternativo		<p>FA_01 – Não gerar relatórios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 4 do fluxo principal, o usuário decide não gerar relatório. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
Fluxo de exceção		<p>FE_01 – Não memorizar análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O ator escolhe a opção de sugestão de sucessão de culturas sem ter memorizado uma análise anteriormente. 2. O sistema retornará uma mensagem de alerta. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_02 – Esquecer de escolher uma cultura:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O ator deixa de selecionar uma cultura e requisita a função de gerar sugestão. 2. O sistema retorna uma mensagem de alerta. 3. O fluxo volta para o passo 2 do fluxo principal. 		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para os cenários de casos de uso listados no fluxo principal do Quadro 16, é possível gerar relatório, conforme pode ser visto na especificação do caso de uso 07.

Quadro 16 – Especificação: Caso de Uso 07

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC07	Gerar relatórios	RF3.2, RF4.1, RF5.1, RF6.1, RF6.2, RF6.4, RF9.1, RNF2.1	Nenhuma significativa.	1. Disponibilizar informações de forma estruturada em documento preparado para impressão.
Fluxo principal		<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator escolhe uma das seguintes funcionalidades: <ol style="list-style-type: none"> a. Interpretação de análise (UC02). b. Sugestão de adubo (UC03). c. Sugestão de cultura (UC04). d. Visualizar análise (UC08). e. Acompanhamento da produtividade (UC12). f. Informações sobre culturas (UC14). 2. O ator escolhe gerar relatório das informações obtidas por alguma das funcionalidades citadas no passo 1. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
Fluxo alternativo		Nenhum fluxo alternativo significativo.		
Fluxo de exceção		FE_01 – Erro no relatório: <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 do fluxo principal, o sistema por algum motivo não carrega o relatório. <p>O caso de uso se encerra.</p>		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os gerenciamentos incluem os requisitos que dizem respeito às operações de armazenamento, consulta, edição e exclusão no banco de dados. Para facilitar essas especificações, as operações de consulta são consideradas fluxo principal e as demais, fluxos alternativos. Por esse motivo, ter os dados do objeto armazenados no banco de dados foi considerado um pré-requisito para a ocorrência do fluxo principal.

As operações possíveis para o caso de uso gerenciamento de análise podem ser observadas no Quadro 17.

Quadro 17 – Especificação: Caso de Uso 08

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC08	Gerenciar Análise	RF6.2, RF6.3, RF6.4, RF6.5, RF6.6, RF9.1	1. É preciso que uma análise esteja cadastrada.	1. O ator deve conseguir realizar manipulações de dados de análise.
Fluxo principal		<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona as opções de gerenciamento de dados. 2. O ator seleciona a opção de consultar dados de análise. 3. O sistema retorna uma lista com as análises cadastradas no banco, referentes à conta de usuário em questão. 4. O ator seleciona uma análise 5. O sistema exibe os dados da análise. 6. O ator escolhe gerar relatório da análise (UC07). 7. O sistema gera relatório da análise (UC07) <p>O caso de uso se encerra.</p>		

Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Editar dados da análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal, o ator decide editar os dados da análise. 2. O sistema retorna uma tela com os dados em campos editáveis. 3. O ator edita os dados e os envia. 4. O sistema atualiza as informações da análise em questão. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_02 – Excluir análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal o ator decide excluir dados da análise. 2. O sistema retorna uma mensagem ao ator, para que ele confirme a operação ou cancele. 3. O ator confirma a operação. 4. O sistema exclui os dados da análise. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_03 – Desistir de excluir a análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 de FA_02, o ator decide cancelar a operação. 2. O sistema retorna para o passo 5 do fluxo principal. <p>FA_04a – Cadastrar análise:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 1 do fluxo principal, o ator seleciona a opção de cadastrar análise. 2. O sistema retorna a tela de cadastro de análise com um formulário em branco. 3. O ator preenche a tabela de análise. 4. O ator fornece os seguintes dados: <ol style="list-style-type: none"> a. Local b. Profundidade c. Data 5. O ator seleciona um produtor cadastrado. 6. O sistema trava os campos para cadastro de produtor. 7. O ator envia os dados para serem salvos. 8. O sistema salva os dados cadastrados. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_04b – Cadastrar análise e produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Durante o passo 5 de FA_04a o ator percebe que o produtor desejado não está cadastrado. 2. O ator não seleciona produtor. 3. O ator preenche os campos para cadastro de produtor. 4. O ator envia os dados. 5. O sistema salva os dados cadastrados. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_05 – Cadastrar análise memorizada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Caso haja uma análise memorizada, após o passo 1 de FA_04a o sistema retorna o formulário preenchido com a análise memorizada. 2. O ator continua o cadastro com a análise memorizada, agindo a partir do passo 4 de FA_04a. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_06 – Não gerar relatórios:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal o ator decide não gerar relatório. <p>O caso de uso se encerra.</p>
Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Erro ao salvar dados:</p>

	<ol style="list-style-type: none"> 1. Ao executar o passo 3 de FA_01 ou passo 7 de FA_04a o usuário insere algum dado inválido, ou por outro motivo o sistema não grava os dados. 2. O sistema retorna uma mensagem de erro. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_02 – Nenhuma análise registrada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona o passo 2 do fluxo principal. 2. O sistema retorna uma mensagem informando que não há análises cadastradas. <p>O caso de uso se encerra.</p>
--	--

Fonte: Elaborado pelos autores.

Uma produção armazenada tem vínculo com dados de produtor e cultura. Para cadastrar uma produção é preciso escolher produtor e cultura, inserir informações de data de colheita, área plantada, produção, unidade, preço de venda, quantidade vendida, gastos com adubação NPK, quantidade de calcário e preço, quantidade de adubo orgânico e preço. As operações de gerenciamento de produção podem ser observadas no Quadro 18.

Quadro 18 – Especificação: Caso de Uso 09

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC09	Gerenciar produção	RF7.1, RF7.2, RF7.3, RF7.4, RF7.5	1. É preciso que uma produção esteja cadastrada.	1. O ator deve conseguir realizar manipulações de dados de produção.
	Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona as opções de gerenciamento de dados. 2. O ator seleciona a opção de consultar dados de produção. 3. O sistema retorna uma tela para a escolha de produtor, cultura e intervalo de datas de colheitas. 4. O ator seleciona os dados e envia a consulta. 5. O sistema exibe uma lista de produções cadastradas com os parâmetros passados. 6. O ator escolhe a produção. 7. O sistema retorna os dados da produção escolhida. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
	Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Editar dados da produção:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 7 do fluxo principal, o ator decide editar os dados da produção. 2. O sistema retorna uma tela com os dados em campos editáveis. 3. O ator edita os dados e os envia. 4. O sistema atualiza as informações da produção em questão. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra</p> <p>FA_02 – Excluir produção:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 7 do fluxo principal o ator decide excluir dados da produção. 2. O sistema retorna uma mensagem ao ator, para que ele confirme ou cancele a operação. 3. O ator confirma a operação. 4. O sistema exclui os dados da produção. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra.</p>		

	<p>FA_03 – Desistir de excluir a produção:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 de FA_02, o ator decide cancelar a operação. 2. O sistema retorna para o passo 7 do fluxo principal. <p>FA_04 – Cadastrar produção:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 1 do fluxo principal, o ator seleciona a opção de cadastrar produção. 2. O sistema retorna a tela de cadastro da produção com um formulário em branco. 3. O ator preenche o formulário. 4. O ator envia os dados para serem salvos. 5. O sistema salva os dados. <p>O caso de uso se encerra.</p>
Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Erro ao salvar dados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ao executar o passo 3 de FA_01, ou o passo 4 de FA_04 o usuário insere algum dado inválido, ou por outro motivo o sistema não grava os dados. 2. O sistema retorna uma mensagem de erro. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_02 – Nenhum registro de produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Durante o passo 3 do fluxo principal, o ator percebe que não há produtor cadastrado. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_03 – Nenhum registro de produção:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 4 do fluxo principal o sistema retorna uma mensagem informando que não há dados de produção cadastrados. <p>O caso de uso se encerra.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os fluxos de operações de gerenciamento de produtor podem ser vistos no Quadro 19.

Quadro 19 – Especificação: Caso de Uso 10

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC10	Gerenciar produtor	RF2.1, RF2.2, RF2.3, RF2.4, RF2.5.	1. É preciso que um produtor esteja cadastrado.	1. O ator deve conseguir realizar manipulações de dados de produtor.
	Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona as opções de gerenciamento de dados. 2. O ator seleciona a opção de consultar dados do produtor. 3. O sistema retorna uma lista com os produtores cadastrados no banco de dados, referentes à conta de usuário em questão. 4. O ator seleciona um produtor. 5. O sistema exibe os dados do produtor. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
	Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Editar dados do produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal, o ator decide editar os dados do produtor. 2. O sistema retorna uma tela com os dados em campos editáveis. 3. O ator edita os dados e os envia. 4. O sistema atualiza as informações do produtor. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra</p> <p>FA_02 – Excluir dados do produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 5 do fluxo principal o ator decide excluir dados do produtor. 		

	<ol style="list-style-type: none"> 2. O sistema retorna uma mensagem ao ator, para que ele confirme ou cancele a operação. 3. O ator confirma a operação. 4. O sistema exclui os dados do produtor, suas respectivas análises e dados de produção. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_03 – Desistir de excluir a conta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 de FA_02, o ator decide cancelar a operação. 2. O sistema retorna para o passo 5 do fluxo principal. <p>FA_04 – Cadastrar produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 1 do fluxo principal, o ator seleciona a opção de cadastrar produtor. 2. O sistema retorna a tela de cadastro do produtor com um formulário em branco. 3. O ator preenche o formulário. 4. O ator envia os dados para serem salvos. 5. O sistema salva os dados. <p>O caso de uso se encerra.</p>
Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Erro ao salvar dados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ao executar o passo 3 de FA_01, ou o passo 4 de FA_04 o usuário insere algum dado inválido, ou por outro motivo o sistema não grava os dados. 2. O sistema retorna uma mensagem de erro. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_02 – Nenhum registro de produtor:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona o passo 2 do fluxo principal. 2. O sistema retorna uma mensagem informando que não há dados de produtores cadastrados. <p>O caso de uso se encerra.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

O gerenciamento de usuário inclui, além de operações de edição, consulta e exclusão, a opção de sair do sistema como um fluxo alternativo. A especificação desse caso de uso pode ser vista no Quadro 20.

Quadro 20 – Especificação: Caso de Uso 11

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC11	Gerenciar usuário	RF1.2, RF1.3, RF1.4, RF1.6.	1. É preciso que um usuário esteja cadastrado.	1. O ator deve conseguir realizar manipulações de dados de usuário.
	Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona as opções de usuário. 2. O ator seleciona a opção de ver dados da conta. 3. O sistema retorna as informações do usuário. <p>O caso de uso se encerra.</p>		
	Fluxo alternativo	<p>FA_01 – Editar dados da conta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 3 do fluxo principal, o ator decide editar os dados da conta. 2. O sistema retorna uma tela com os dados em campos editáveis. 3. O ator edita seus dados e os salva. 4. O sistema atualiza as informações do usuário. 5. O sistema retorna uma mensagem de sucesso. 		

	<p>O caso de uso se encerra</p> <p>FA_02 – Excluir dados da conta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 3 do fluxo principal o ator decide excluir a conta. 2. O sistema retorna uma mensagem ao ator, para que ele confirme a operação. 3. O ator confirma a operação. 4. O sistema encerra a sessão para aquele usuário, desativa seu acesso, exclui dados cadastrados por ele e torna as funções do sistema indisponíveis. 5. O sistema retorna para o caso de uso de autenticação (UC01). <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FA_03 – Desistir de excluir a conta:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 de FA_02, o ator decide cancelar a operação. 2. O sistema retorna para o passo 2 do fluxo principal. <p>FA_04 – Encerrar sessão:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 1 do fluxo principal, o ator seleciona a opção sair. 2. O sistema encerra a sessão. 3. O sistema retorna para o caso de uso de autenticação (UC01)
Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Erro ao salvar dados editados:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Ao executar o passo 3 de FA_01, o sistema não grava os dados, podendo ser porque o ator digita algum dado inválido (por exemplo, a mesma senha anterior). 2. O sistema retorna uma mensagem de erro. <p>O caso de uso se encerra.</p>

Fonte: Elaborado pelos autores.

O caso de uso 12 está relacionado ao fornecimento de informações gerais úteis ao usuário e é especificado no Quadro 21.

Quadro 21 – Especificação: Caso de Uso 12

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC12	Ajuda do sistema	RNF2.1, RNF4.1.	Nenhuma significativa.	1. O ator deve obter informações sobre o sistema.
Fluxo principal	<ol style="list-style-type: none"> 1. O ator seleciona a opção de ajuda. 2. O sistema retorna uma tela com os assuntos possíveis a serem buscados em tópicos. 3. O usuário escolhe um tópico. <p>O caso de uso se encerra.</p>			
Fluxo alternativo	Nenhum fluxo alternativo significativo.			
Fluxo de exceção	<p>FE_01 – Ajuda não encontrada:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 2 do fluxo principal o ator não encontra o assunto desejado. <p>O caso de uso se encerra.</p> <p>FE_02 – Ajuda não foi útil:</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. Após o passo 3 do fluxo principal o ator percebe que as informações não foram suficientes. <p>O caso de uso se encerra.</p>			

Fonte: Elaborado pelos autores.

A especificação de caso de uso mostrada no Quadro 22 permite ao usuário obter e analisar informações sobre a produtividade, por meio de relatórios gráficos.

Quadro 22 – Especificação: Caso de Uso 13

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC13	Acompanhar produtividade	RF8.1, RF9.1, RNF2.1	1. É preciso ter a produção de ao menos uma produção cadastrada por produtor (UC07).	1. Apresentar informações gráficas sobre a produtividade de uma cultura para determinado produtor.
	Fluxo principal	1. O ator seleciona as opções de gerenciamento de dados. 2. O ator seleciona a opção de consultar produtividade. 3. O sistema solicita a escolha de produtor e cultura. 4. O ator seleciona o produtor e cultura desejados e envia. 5. O sistema retorna os gráficos com a evolução da produtividade. 6. O ator escolhe gerar um relatório (UC07) O caso de uso se encerra.		
	Fluxo alternativo	FA_01 – Não gerar relatórios: 1. Após o passo 6 do fluxo principal, o usuário decide não gerar relatório. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo de exceção	FE_01 – Não há produtor cadastrado: 1. Durante o passo 3 do fluxo principal, o ator percebe que não há produtor cadastrado. O caso de uso se encerra. FE_02 – Não há culturas vinculadas: 1. Após o passo 4 do fluxo principal, o sistema não encontra produção cadastrada para a cultura selecionada para determinado produtor. 2. O sistema retorna uma mensagem de alerta. O caso de uso se encerra.		

Fonte: Elaborado pelos autores.

Também é intuito do sistema fornecer informações a respeito das culturas com as quais o sistema trabalha. Os fluxos dessa funcionalidade podem ser vistos no Quadro 23. O fluxo de exceção encontrado se dá porque o banco de dados possui 27 culturas cadastradas, podendo o usuário não encontrar uma cultura específica.

Quadro 23 – Especificação: Caso de Uso 14

UC	Nome	Requisitos	Pré-condições	Pós-condições
UC14	Informações sobre cultura	RF3.1, RF3.2, RNF2.1	Nenhuma significativa.	1. Apresentar informações sobre determinada cultura.
	Fluxo principal	1. O ator escolhe a opção de exibir informações sobre cultura. 2. O sistema retorna a lista de culturas cadastradas no banco. 3. O ator escolhe uma cultura. 4. O sistema retorna as informações dessa cultura. O caso de uso se encerra.		
	Fluxo alternativo	Nenhum significativo.		
	Fluxo de exceção	FE_01 – Cultura não armazenada: 1. Durante o passo 2 do fluxo principal, o ator não encontra a cultura na lista. O caso de uso se encerra.		

Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2 PROJETO E IMPLEMENTAÇÃO

Durante essa fase, as principais atividades foram a criação de diagramas que especificassem a arquitetura do sistema e banco de dados e também a codificação do sistema.

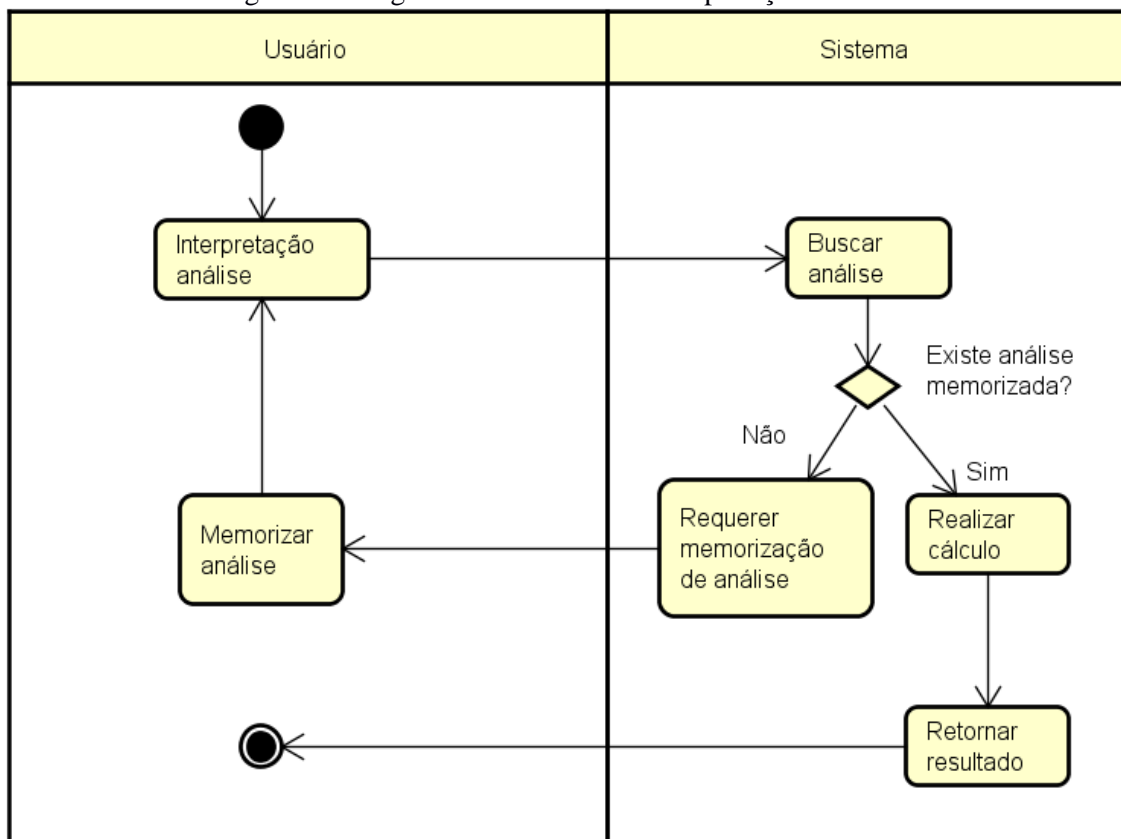
4.2.1 Diagrama de Atividades

Os diagramas de atividades foram construídos para modelar a sequência de processamentos referentes às funcionalidades específicas deste trabalho, que são interpretação de análise de solo, sugestão de adubo e sugestão de sucessão de culturas, sendo essas as funções que caracterizam o sistema.

Não foi intenção utilizar o diagrama de atividades para detalhar funções secundárias, como memorização de análise, geração de relatórios e gerenciamento de dados, já que aspectos dinâmicos do sistema também podem ser analisados pelos diagramas de casos de uso e suas especificações. Outro fator que influenciou o uso do diagrama de atividades para representar somente algumas funções é que, o desenvolvimento incremental não é um modelo de processos que necessite de documentação excessiva.

Na Figura 2 é apresentado o diagrama de atividades da função de interpretação.

Figura 2 – Diagrama de Atividades: Interpretação de análise

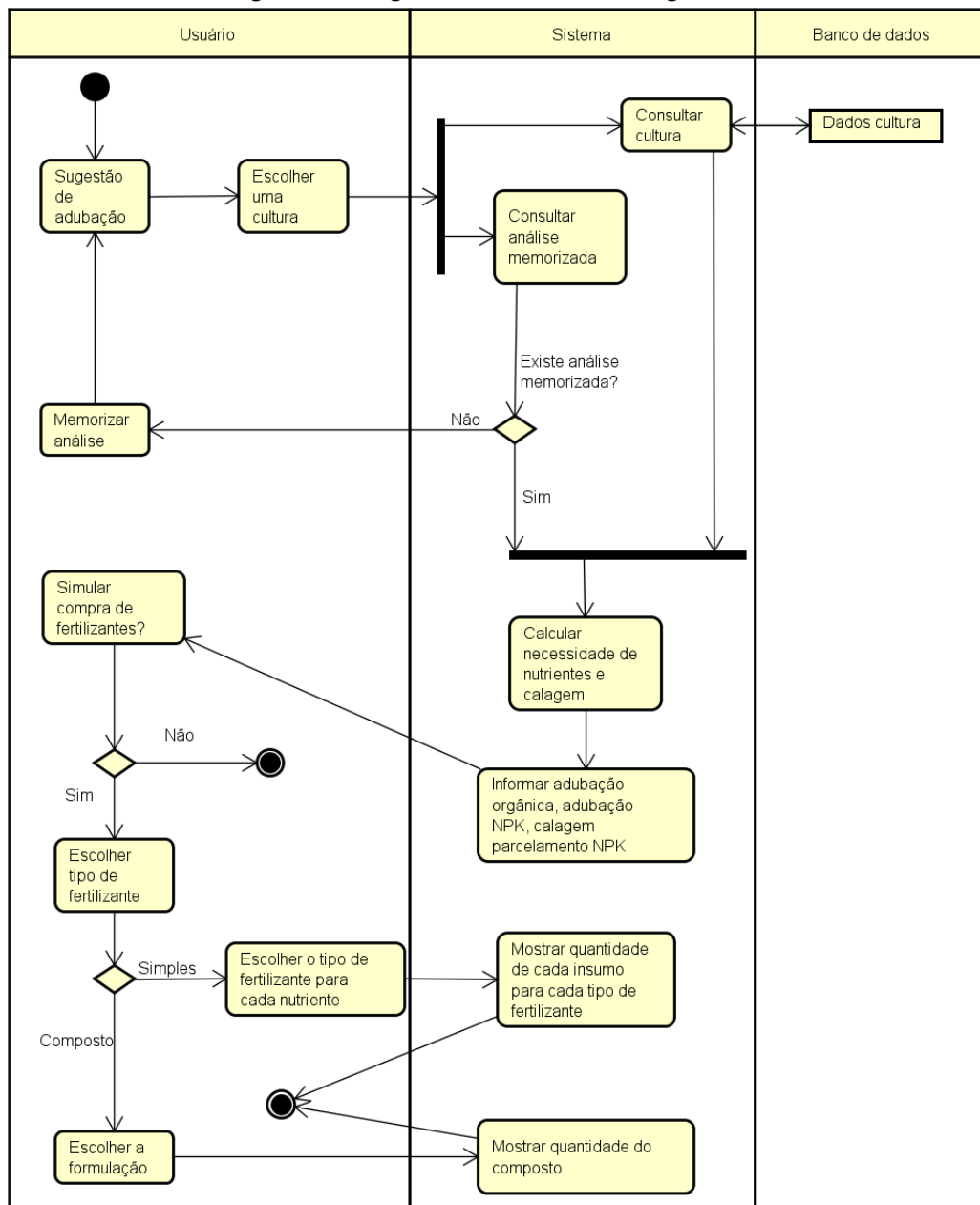


Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a função de sugestão de adubo, o sistema realiza o cálculo da necessidade de nutriente da planta em relação à disponibilidade de nutrientes do solo informada na análise memorizada. Após a escolha da cultura, o sistema informa a necessidade de calagem, a necessidade de adubação NPK, o parcelamento da adubação NPK e a adubação orgânica.

Caso o usuário escolha adubo simples na simulação de compra de fertilizante, o sistema apresenta dinamicamente a quantidade de insumo necessária para cada tipo de fertilizante escolhido. No caso da opção por fertilizante composto, o sistema mostra a quantidade necessária da formulação escolhida. Na Figura 3 é apresentada a função de sugestão de adubo e simulação de compra de fertilizante.

Figura 3 – Diagrama de Atividades: Sugestão de adubo

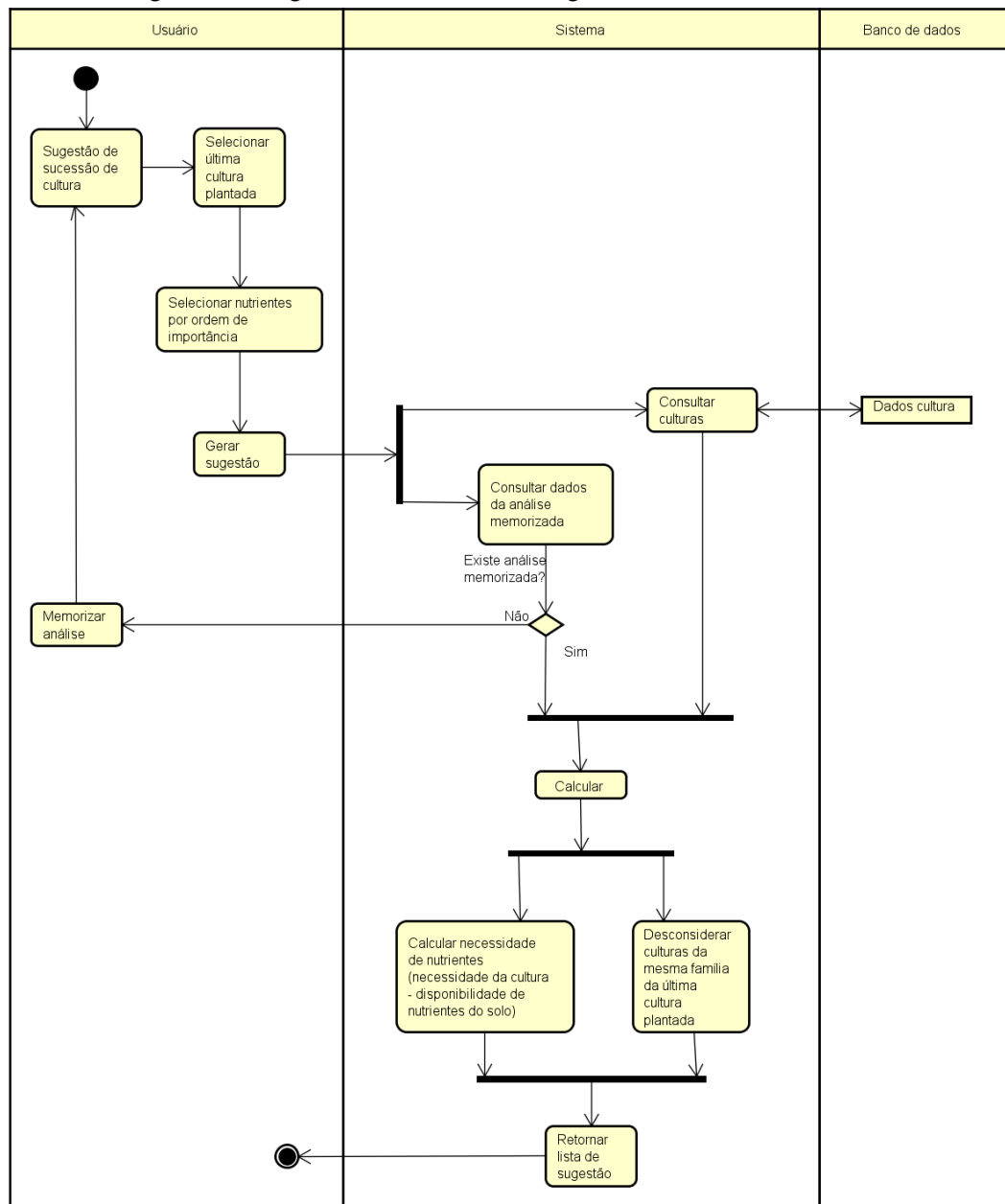


Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 4 é apresentada a função de sugestão de sucessão de cultura. Nota-se que o sistema realiza uma consulta no banco de culturas cadastradas e filtra as culturas que não pertencem à mesma família da última cultura plantada informada pelo usuário.

Então o sistema usa os dados da análise memorizada e os dados referentes à necessidade de nutrientes apresentada por cada cultura no banco. Assim ele calcula a necessidade da cultura em relação aos nutrientes presentes no solo e retorna uma lista de culturas ordenadas pelo critério de importância de nutrientes. Esse critério é informado anteriormente pelo usuário de forma que ele escolhe entre os nutrientes N, P e K qual é o mais importante, o segundo mais importante e o terceiro.

Figura 4 – Diagrama de Atividades: Sugestão de sucessão de cultura



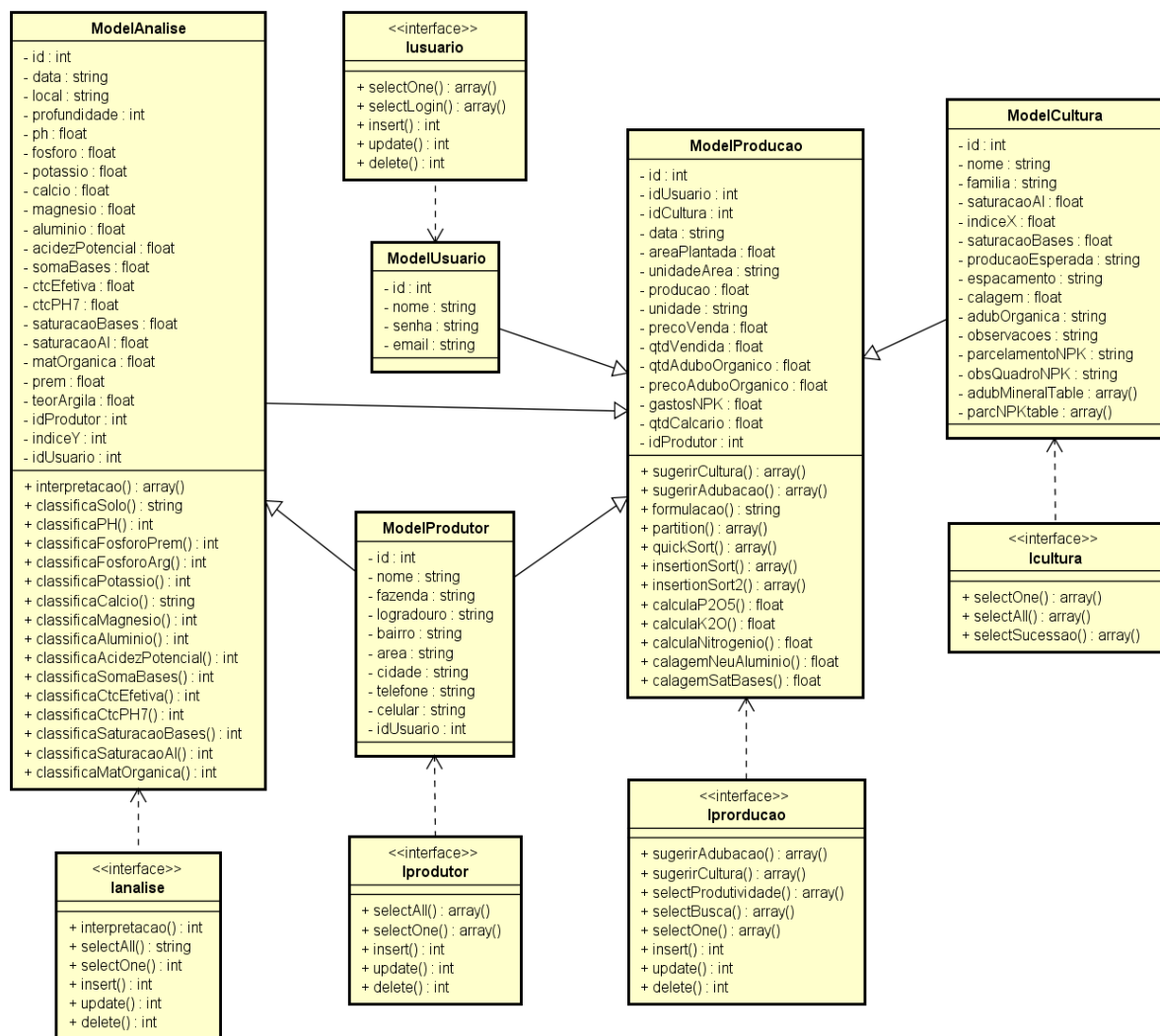
Fonte: Elaborado pelos autores.

Pode-se observar através desses diagramas que caso não tenha uma análise memorizada o sistema irá requerer a memorização.

4.2.2 Diagrama de Classes

A Figura 5 mostra o diagrama de classes representando as principais funções utilizadas pelo sistema para a manipulação de dados. As classes contêm propriedades que podem ser executadas pela classe final de nome semelhante. As interfaces representadas contêm as assinaturas das funções públicas principais do sistema.

Figura 5 – Diagrama de Classes

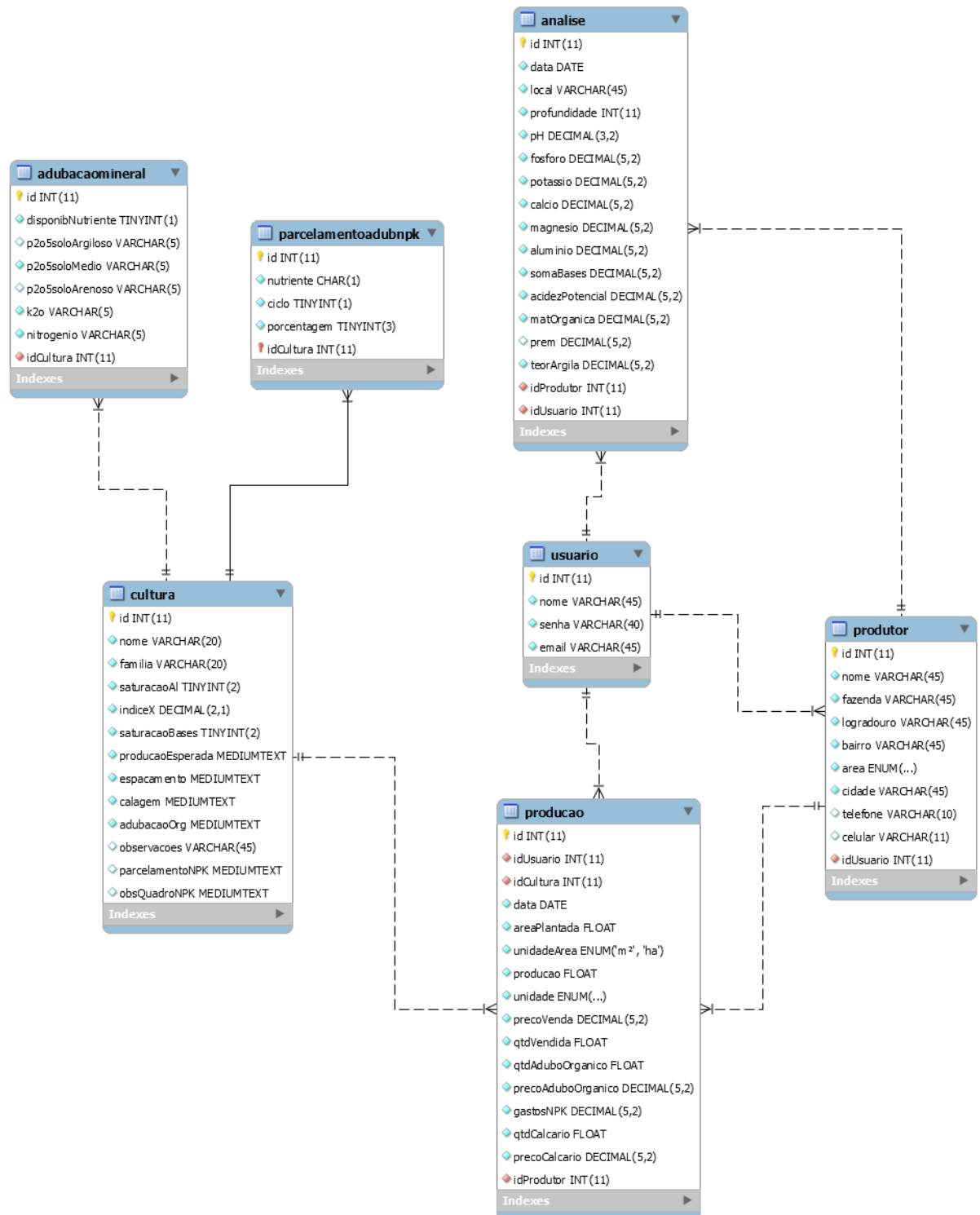


Fonte: Elaborado pelos autores.

4.2.3 Diagrama de Entidade e Relacionamento

O banco de dados do SoloFértil contém 7 tabelas que são mostradas na Figura 6 pelo DER.

Figura 6 – Diagrama de Entidade e Relacionamento



Fonte: Elaborado pelos autores.

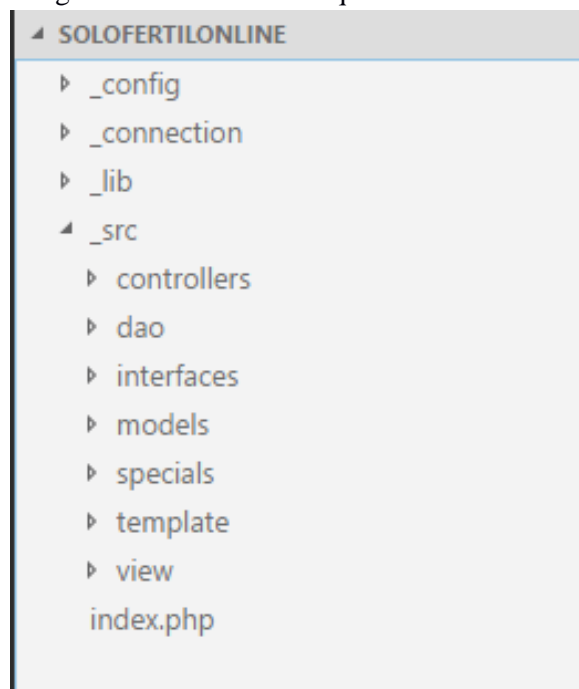
É possível perceber a relação que usuário tem com produção, produtor e análise. Essa relação faz com que cada análise, produtor e produção cadastrados tenham ligação com um usuário específico. As chaves estrangeiras permitem esse vínculo e ajudam a impedir que um usuário tenha acesso a dados que ele não cadastrou.

4.2.4 Estrutura de arquivos

O maior objetivo de uma aplicação com arquitetura MVC é organizar seus arquivos e diretórios de modo que camada lógica, camada de visualização e controlador de ações fiquem separados. Neste trabalho, o MVC foi adaptado conforme a necessidade. Durante o desenvolvimento percebeu-se que arquivos relacionados à lógica do sistema, ou seja, os arquivos do *model*, ficariam muito grandes. Por isso, optou-se em dividir as funcionalidades em arquivos de acesso ao banco de dados, arquivos com métodos de acesso e construtores e arquivos de funções específicas.

Os arquivos com a codificação do sistema foram estruturados em diretórios, conforme mostra a Figura 7. Na pasta “_config” se encontram configurações de nome, usuário, senha e local de hospedagem do banco de dados em um arquivo denominado “db.ini”. Também existe o arquivo “config.php” com funções usadas para realizar modificações simples e genéricas, como conversão de datas, por exemplo, nos dados utilizados ou gerados pelo sistema.

Figura 7 – Estrutura de arquivos do SoloFértil



Fonte: Elaborado pelos autores.

O diretório “_connection” contém o arquivo com a classe responsável pela conexão com o banco de dados. Todo procedimento que requer conexão com o banco é feito com uso do *driver PHP Data Objects – PDO*, que é nativo do PHP e provê um padrão para comunicação com o banco através de um conjunto de métodos e classes (MATHEUS, 2012).

O diretório “_lib” contém a biblioteca mPDF, que é utilizada para a geração de relatórios, e o arquivo VEX, que é usado para personalização de caixas de diálogos dinâmicas.

O diretório “_src” contém os arquivos principais da estrutura MVC. O diretório “controllers” inclui arquivos com as classes responsáveis pela implementação de métodos que interpretam ações e entradas realizadas no sistema, requisitando funções presentes em classes dos arquivos dos diretórios “model” ou “view”.

A pasta “interfaces” abrange as interfaces com as assinaturas dos métodos principais do sistema. No diretório “dao” se encontram os métodos que estão relacionados com operações que requerem acesso ao banco de dados, que são funções referentes ao armazenamento, consulta, atualização e exclusão de dados. Os arquivos em “dao” representam classes estendidas de outras classes do diretório “specials”, que possui arquivos com classes que implementam métodos construtores, *getters* e *setters*. O diretório “models” possui os arquivos com as classes que estendem de “dao” e trazem os métodos específicos que o sistema realiza, como os métodos para a classificação de cada elemento da análise, os cálculos da necessidade de nutrientes, sugestão de adubo simples ou composto e sugestão de cultura. As classes em “models” e em “dao” implementam seus métodos assinados nos arquivos no diretório “interfaces”.

Em “template” estão os arquivos HTML, Javascript, JQuery e CSS responsáveis pela estruturação e estilização das páginas do sistema. Também contém os *frameworks* Bootstrap e Font Awesome utilizados para personalização de elementos como botões e ícones, e para facilitar a implementação da responsividade do sistema. O diretório “view” contém os arquivos com métodos responsáveis por criar as páginas requeridas pelos “controllers”. As funções em “view” fazem uso de arquivos do diretório “template” quando necessário.

Por fim, o arquivo “index.php” direciona a página inicial para o método padrão presente no arquivo “AppController.php” em “controllers”.

4.2.5 Prototipação do SoloFértil

O protótipo desenvolvido levou ao surgimento e implementação de requisitos e sugestões que não haviam sido levantados na fase inicial, como memorização de análise por exemplo, e melhoramento de interface. Também foi possível rever e esclarecer dúvidas sobre requisitos que no momento do desenvolvimento não se mostraram tão claros como pareciam anteriormente. O protótipo gerado pode ser visto na Figura 8.

Figura 9 – Tela de login

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após a realização de *login*, o usuário é redirecionado para a página inicial, sendo o padrão do sistema a página de memorização da análise. No sistema o usuário pode navegar entre as opções de menu, o que pode ser notado na Figura 10.

Figura 10 – Tela inicial

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	Arg	MO	P-rem
H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³							%		dag/Kg	mg/L	
<input type="button" value="Memorizar análise"/>														

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 11 mostra como fica a tabela de preenchimento de análise após a sua memorização, com os valores preenchidos e um botão que permite limpar os dados. A limpeza dos dados não apaga a memorização realizada. Para isso é preciso realizar uma nova memorização, preenchendo a tabela e clicando em “Memorizar análise”. Na Figura 11 também são mostradas as opções do menu “Dados”, que se referem ao gerenciamento de dados.

Figura 11 – Memorização de análise

The screenshot shows the SoloFertil web application interface. At the top, there is a navigation bar with the following items: "SoloFertil Sistema de Interpretação de Análise de Solo", "Memorizar Análise", "Interpretação", "Sugestão", "Sucessão", "Informações", "Dados", "Ajuda", and a user profile icon for "Kênia".

The main content area features a welcome message: "Bem vindo ao SoloFertil!" followed by instructions: "Nas várias funcionalidades deste sistema será necessário utilizar os dados do resultado de sua análise. Insira abaixo o programa memorizará temporariamente esses dados (ao sair do sistema eles serão perdidos). Você também pode salvá-los permanentemente em **Dados > Cadastrar análise**".

Below the instructions, there is a note: "Todos os campos são obrigatórios. Caso sua análise não venha com o valor da argila ou fósforo remanescente preencha estes campos com o valor 0." and a table for data entry.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	(T)	V	m	Produtividade	rem	
H ₂ O	mg/dm ³		cmol _c /dm ³									%	dag/Kg	mg/L
2.00	1.00	1.00	1.00	0.01	0.01	0.01	0.00	1.02	0.01	0	0.98	-1.00	0.01	0.01

At the bottom of the table area, there are two buttons: "Limpar dados da tabela" (orange) and "Memorizar análise" (green).

At the bottom of the page, there is a footer with the URL "presenteasy.co/_src/controllers/AppController.php#" and the text "Desenvolvido por Rochele Edenís e Kênia Araújo".

Fonte: Elaborado pelos autores.

Os campos referentes a capacidade de troca catiônica efetiva (t) e esperada (T), e saturação por bases efetiva (V) e esperada (m), são preenchidos automaticamente pelo sistema, que calcula esses valores de acordo com os elementos anteriores da tabela que compõem os cálculos para encontra-lo, e não podem ser alterados pelo usuário.

Este pode optar por preencher o campo de argila (Arg) ou fósforo remanescente (P-rem) e, havendo o preenchimento dos dois, o sistema irá priorizar o teor de argila nos cálculos. Caso a análise não venha com algum dos dois valores, o usuário deve preencher no sistema o campo que não está na sua análise laboratorial com valor zero, conforme instrução dada pelo sistema. Esses dados são necessários para determinar a capacidade tampão do solo para o cálculo da calagem pelo método chamado Neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺ (RIBEIRO *et al.*, 1999).

O sistema lança mensagens de erro, alerta e sucesso para o usuário conforme o resultado das operações. A Figura 12 exemplifica uma mensagem de alerta apresentada pelo sistema após o usuário ter clicado em “Interpretação” sem ter uma análise memorizada.

Figura 12 – Exemplo de mensagem de alerta



Fonte: Elaborado pelos autores.

O SoloFertil gera uma classificação do solo através dos níveis de pH, Fósforo, Cálcio, Magnésio, Alumínio, Acidez Potencial, Soma de Bases, Matéria Orgânica, Capacidade de Troca de Cátions Efetiva e Esperada, Saturação por Bases Efetiva e Esperada presentes na análise inserida. Uma simulação de interpretação de análise com dados fictícios utilizados para memorização de análise pode ser vista na Figura 13. Também pode-se perceber a mudança do formato do menu para se adequar a dispositivos de menor tamanho de tela, seguindo o princípio de responsividade.

Figura 13 – Interpretação de análise de solo

☰

Interpretação de análise de solo

INÍCIO » INTERPRETAÇÃO

Identificação da análise

Produtor: Kênia **Local:** 12
Fazenda: Fazenda da Kênia **Profundidade:** 12 cm
Data: 10/05/2017

Resultado da interpretação da análise:

Característica	Valores ^{1/}	Classificação
Tipo de Solo	-1.00%	Indefinido
Acidez (pH) ^{2/}	2.00	Muito baixo
Fósforo (P)	1.00 mg/dm ³	Muito baixo
Potássio (K)	1.00 mg/dm ³	Muito baixo
Cálcio trocável (Ca ²⁺)	1.00 cmol _c /dm ³	Baixo
Magnésio trocável (Mg ²⁺)	0.01 cmol _c /dm ³	Muito baixo
Acidez trocável (Al ³⁺) ^{3/}	0.01 cmol _c /dm ³	Muito baixo
Acidez potencial (H + Al) ^{3/}	0.01 cmol _c /dm ³	Muito baixo
Soma de bases (SB)	0.00 cmol _c /dm ³	Muito baixo
Saturação por bases (SB) ^{5/}	0 %	Muito baixo
CTC efetiva (t)	1.02 cmol _c /dm ³	Baixo
CTC pH 7 (T)	0.01 cmol _c /dm ³	Muito baixo
Saturação por Al ³⁺ (m) ^{3/}	0.98 %	Muito baixo
Matéria orgânica (M.O.)	0.01 dag/kg	Muito baixo

^{1/} - dag/kg = % (m/m); cmol_c/dm³ = meq/100 cm³. ^{2/} - A qualificação utilizada indica adequado (Bom) ou inadequado (muito baixo e baixo ou alto e muito alto). ^{3/} - A interpretação desta característica deve ser "alta" e "muito alta" em lugar de "bom" e "muito bom". ^{4/} - O limite superior desta classe indica o nível crítico. ^{5/} - *Depende da cultura*

Gerar PDF

Fonte: Elaborado pelos autores.

A sugestão de adubo se dá por cultura selecionada. Na Figura 14, após o usuário clicar em “Sugestão” no menu principal, caso uma análise esteja memorizada, o sistema mostra a lista de culturas cadastradas das quais é possível obter informações sobre sugestão de adubação e simulação de compra de fertilizantes.

Figura 14 – Sugestão de adubação: Lista de culturas

Sugestão de adubação

[INÍCIO](#) » [SELECIONAR CULTURA](#)

Selecione a cultura que deseja a sugestão:

Nº	Nome	Família
1	Abóbora Italiana	<i>Cucurbitaceae</i>
2	Abóbora Menina	<i>Cucurbitaceae</i>
3	Alface	<i>Asteraceae</i>
4	Alho	<i>Liliaceae</i>
5	Batata	<i>Solanaceae</i>
6	Batata-Doce	<i>Convolvulaceae</i>
7	Berinjela	<i>Solanaceae</i>
8	Beterraba	<i>Amaranthaceae</i>
9	Brócolos	<i>Brassicaceae</i>
10	Cebola	<i>Amaryllidaceae</i>
11	Cenoura	<i>Apiaceae</i>
12	Chuchu	<i>Cucurbitaceae</i>
13	Couve-Flor	<i>Brassicaceae</i>
14	Feijão-Vagem	<i>Fabaceae</i>
15	Inhame	<i>Dioscoreaceae</i>
16	Jiló	<i>Solanaceae</i>
17	Mandioquinha-Salsa	<i>Apiaceae</i>
18	Melancia	<i>Cucurbitaceae</i>
19	Melão	<i>Cucurbitaceae</i>
20	Moranga Híbrida	<i>Cucurbitaceae</i>
21	Morango	<i>Rosaceae</i>
22	Pepino	<i>Cucurbitaceae</i>
23	Pimentão	<i>Solanaceae</i>
24	Quiabo	<i>Malvaceae</i>
25	Repolho	<i>Brassicaceae</i>
26	Tomate rasteiro	<i>Solanaceae</i>
27	Tomate Tutorado	<i>Solanaceae</i>

Desenvolvido por Rochele Edenís e Kênia Araújo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Após o usuário escolher a cultura o sistema traz informações sobre calagem obtidas através dos métodos de Saturação por bases e Neutralização do alumínio e elevação dos teores de cálcio e magnésio, adubação orgânica, adubação mineral e sua forma de parcelamento (ciclos de plantio), dentre outras informações adicionais que a cultura possuir, conforme visto na Figura 15. O sistema também permite uma simulação da compra de fertilizantes mistos ou simples, sendo que as fórmulas mistas disponíveis no sistema foram escolhidas de acordo com pesquisa de mercado regional realizada.

Figura 15 – Sugestão de adubação: Exemplo

The screenshot shows a web interface with a green header and a main content area. At the top left is a hamburger menu icon. The main title is 'Sugestão de adubação para Abóbora Italiana'. Below it is a breadcrumb trail: 'INÍCIO » SELECIONAR CULTURA » SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO'. The content is organized into sections: 'Calagem' with three bullet points about soil saturation and limestone; 'Adubação orgânica' with a text instruction on manure application; 'Adubação mineral' with four bullet points on N, P, K requirements and a formula; and 'Parcelamento da adubação mineral' with a text instruction on phosphorus and potassium application. At the bottom, there is a question 'Simular compra do fertilizante?' with radio buttons for 'Sim' and 'Não' (selected). A green 'Gerar PDF' button is at the bottom right.

Sugestão de adubação para Abóbora Italiana

INÍCIO » SELECIONAR CULTURA » SUGESTÃO DE ADUBAÇÃO

Calagem:

- Elevar a saturação por bases do solo a 70% e o teor de magnésio do solo a um mínimo de $1,0 \text{ cmol}_c/\text{dm}^3$, ou pelo método do Al^{3+} e do $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ levando em consideração o valor de Y, variável em função da capacidade tampão da acidez do solo e $X = 3$ e $m_t = 5\%$.
- Quantidade de calcário necessária calculada através do método da **neutralização do Al^{3+}** : 1.99 t/ha.
- Quantidade de calcário necessária calculada através do método da **saturação por bases**: 0.01 t/ha.

Adubação orgânica: Aplicar 15 t/ha de esterco de curral curtido, ou 5 t/ha de esterco de aves curtido ou 1,5 t/ha de torta de mamona fermentada.

Adubação mineral:

- Quantidade de N: 120 kg/ha;
- Quantidade de P_2O_5 : kg/ha;
- Quantidade de K_2O : 240 kg/ha.
- Fórmula simplificada de N-P-K: 1 : 0 : 2

Parcelamento da adubação mineral:

O fósforo deve ser aplicado todo no plantio, juntamente com o adubo orgânico, 40 % do nitrogênio e 50 % do potássio recomendado, colocados na cova ou sulco de plantio, 15 a 20 dias antes do semeio ou transplântio. O restante do nitrogênio e potássio deve ser aplicado em cobertura, 20 dias após o semeio ou 25 dias após o transplântio das mudas.

Simular compra do fertilizante?

Sim

Não

Gerar PDF

Fonte: Elaborado pelos autores.

Ao marcar “sim” na opção de simulação de compra de fertilizantes, o sistema mostra uma opção para que o usuário escolha entre fertilizantes simples ou compostos. Marcando fertilizantes simples, o sistema faz uma listagem com os tipos de insumos encontrados no mercado para os nutrientes N, P e K, que compõem a adubação mineral. O usuário deve analisar qual o melhor fertilizante para ele dependendo da situação, podendo levar em conta a quantidade necessária ou o preço encontrado no mercado naquele momento. A Figura 16 mostra que, quando o usuário escolhe um tipo de fertilizante, o sistema apresenta a quantidade de adubo que deve ser usado por hectare para suprir a necessidade apresentada por nutriente.

Figura 16 – Simulação de compra de fertilizantes simples

The screenshot shows the 'SoloFertil' web application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo and menu items: 'Memorizar Análise', 'Interpretação', 'Sugestão', 'Sucessão', 'Informações', 'Dados', 'Ajuda', and 'Kênia'. The main content area is titled 'Tipos de fertilizante simples:' and contains three sections:

- Fertilizante N:** Radio buttons for 'Ureia' (selected) and 'Sulfato de amônia'. A text input field shows 'Quantidade de adubo final: 136 kg/ha'.
- Fertilizante P₂O₅:** Radio buttons for 'Superfosfato simples', 'Superfosfato triplo' (selected), and 'Fosfato natural'. A text input field shows 'Quantidade de adubo final: 439 kg/ha'.
- Fertilizante K₂O:** Radio button for 'Cloreto de potássio' (selected). A text input field shows 'Quantidade de adubo final: 155 kg/ha'.

At the bottom of the form is a green button labeled 'Gerar PDF'. The footer of the page reads 'Desenvolvido por Rochele Edenis e Kênia Araújo'.

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 17 apresenta o comportamento do sistema na simulação de compra de fertilizante composto. É ideal que o usuário escolha o composto que mais se aproxima proporcionalmente da fórmula simplificada de N-P-K apresentada.

Figura 17 – Simulação de compra de fertilizantes compostos

The screenshot shows the 'SoloFertil' web application interface for compound fertilizer simulation. The navigation bar is the same as in Figure 16. The main content area displays the following information:

- Quantidade de K₂O: 90 kg/ha.
- Fórmula simplificada de N-P-K: 1 : 3 : 1,5

Below this, there is a section titled 'Parcelamento da adubação mineral:' with a paragraph of text: 'O fósforo deve ser aplicado todo no plantio juntamente com o adubo orgânico, o potássio e 50 % do nitrogênio. Em cobertura, aplica-se o restante do nitrogênio 30 dias após o plantio das ramas.'

The form contains two sections for simulation options:

- Simular compra do fertilizante?:** Radio buttons for 'Sim' (selected) and 'Não'.
- Escolha o tipo de fertilizante que você deseja:** Radio buttons for 'Simples' and 'Misto' (selected).

At the bottom, there is a section titled 'Escolha a fórmula pronta que melhor se encaixa para a situação:' with radio buttons for various N-P-K ratios: '04:14:08', '10:10:10', '20:05:20', '08:28:16' (selected), '04:30:16', and '06:30:06'. A text input field shows 'Quantidade de adubo final: 643 kg/ha'. A green button labeled 'Gerar PDF' is at the bottom.

The footer of the page reads 'Desenvolvido por Rochele Edenis e Kênia Araújo'.

Fonte: Elaborado pelos autores.

O sistema não indica ao usuário a formulação de adubo composto que mais se adequa à fórmula simplificada, pois podem ocorrer situações em que a fórmula pronta indicada pelo sistema não seja a ideal para a situação, como por exemplo, alguma fórmula não ser encontrada no mercado ou estar em um preço elevado em um determinado momento.

No módulo de sugestão de sucessão de culturas é preciso informar ao sistema a última cultura plantada no local a que pertence a análise de solo memorizada e, após isso, classificar a ordem de importância dos nutrientes NPK, não sendo possível marcar o mesmo nutriente mais de uma vez como visto na Figura 18.

Figura 18 – Sugestão de sucessão de cultura

Fonte: Elaborado pelos autores.

Assim, o sistema retornará uma lista com dez culturas sugeridas em ordem crescente de acordo com a necessidade apresentada pela cultura em relação à marcação de nutrientes por importância, conforme pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 – Sugestão de sucessão de cultura: Exemplo

Posição	Nome	Qtde de N	Qtde de P ₂ O ₅	Qtde de K ₂ O
		kg/ha		
1	Feijão-Vagem	150		120
2	Tomate rasteiro	120		200
3	Quiabo	120		240
4	Cenoura	120		320
5	Tomate Tutorado	400		800
6	Moranga Híbrida	60	80	50
7	Mandioquinha-Salsa	0	180	90
8	Batata-Doce	60	180	90
9	Inhame	60	180	90
10	Jiló	100	200	160

Fonte: Elaborado pelos autores.

O módulo de informações traz dados sobre a família, produção esperada, espaçamento, calagem, adubação orgânica e mineral e parcelamento NPK de determinada cultura. Após escolher a opção “Informações” o sistema retorna uma lista de culturas semelhantes à lista retornada em sugestão de adubação para a escolha de cultura (FIGURA 13). Após a escolha da cultura pelo usuário, o sistema retorna as informações conforme mostrado na Figura 20.

Figura 20 – Informações sobre culturas

Memorizar Análise

Interpretação

Sugestão

Sucessão

Informações

Dados -

Ajuda

Kênia

Informações sobre Alho

SELECIONAR CULTURA » INFORMAÇÕES DA CULTURA

cultura Família: *Liliaceae*

Produção esperada por hectare: 10.000 a 12.000 kg/ha

Espaçamento: 25 a 30 cm entre fileiras e 7,5 a 10 cm entre plantas.

Calagem: Elevar a saturação por bases a 70% com calcário dolomítico.

Adubação orgânica: Aplicar 20 a 40 t/ha de esterco de curral curtido ou 5 a 10 t/ha de esterco de galinha curtido, 15 a 30 dias antes do plantio, nos sulcos e incorporado. As maiores doses são para os solos arenosos.

Adubação mineral:

Disponibilidade de P ou de K	Dose total		
	P ₂ O ₅	K ₂ O	N
Baixa	250	80	80
Média	200	60	80
Boa	150	40	80
Muito boa	100	20	80

Parcelamento da adubação N-P-K:

Nutriente	Plantio	1°	2°
	% do total indicado acima		
N	30	35	35
P	100	--	--
K	30	35	35

Aplicar todo o fósforo e partes dos fertilizantes que contêm NK nos sulcos, 10 dias antes do plantio. Acrescentar à adubação de plantio 3 kg/ha de B e de 3 a 5 kg/ha de Zn. O restante dos fertilizantes com N e K deve ser aplicado em coberturas aos 50 e 100 dias do plantio. Dependendo do estado vegetativo da cultura, usar quantidades menores de N (até 1/3 da recomendação).

Gerar PDF

Desenvolvido por Rochele Edenís e Kênia Araújo

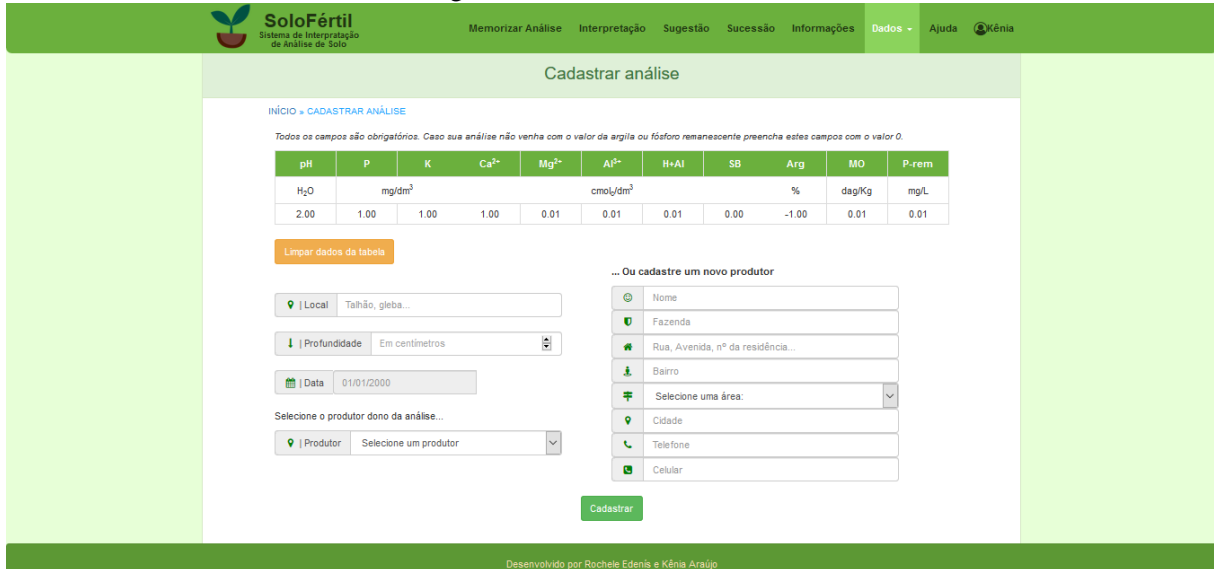
Fonte: Elaborado pelos autores.

Também é possível gerenciar dados armazenados no banco referentes às análises, usuário, produtores e produção, e obter uma visão geral da evolução da produtividade por meio de gráficos com informações sobre gastos com insumos, vendas e produção.

A Figura 21 mostra a tela de cadastro de análise. Caso haja uma análise memorizada o sistema trará a tabela preenchida, mas de forma que o usuário possa editá-la ou limpar os dados e preencher novamente se preciso. O usuário também tem a opção de cadastrar produtor ou

selecionar um produtor na lista. É importante destacar que existe uma tela exclusiva para cadastro de produtor.

Figura 21 – Cadastro de análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

Para a consulta de análise o sistema retorna uma lista de análises cadastradas pelo usuário. Para consultas de produção e produtor o sistema se comporta de forma semelhante. A Figura 22, apresenta a tela de edição de dados de análise cadastrada.

Figura 22 – Editar análise



Fonte: Elaborado pelos autores.

Na Figura 23 é mostrado como o sistema se comporta na tela de consulta caso o usuário clique no botão de excluir. A caixa de diálogo aparece em todas as funções que envolvem

exclusão de dados no banco, mostrando mensagens que alertam ao usuário sobre quais dados podem ser perdidos ao confirmar a operação.

Figura 23 – Exclusão de dados: Exemplo

The screenshot shows the 'SoloFertil' web application interface. At the top, there is a navigation bar with the logo and menu items: 'Memorizar Análise', 'Interpretação', 'Sugestão', 'Sucessão', 'Informações', 'Dados', 'Ajuda', and a user profile icon for 'Kênia'. The main content area is titled 'Consultar dados da análises'. A modal dialog box is open in the center, asking: 'Você tem certeza que quer excluir esta análise? Os dados não poderão ser recuperados.' with 'CANCEL' and 'OK' buttons. Below the dialog, a table displays soil analysis data. The table has columns for various parameters and their units. The data row shows values for pH, P, K, Ca²⁺, Mg²⁺, Al³⁺, H+Al, SB, (t), T, V, m, Arg, MO, and P-rem. At the bottom of the table, there are three buttons: 'Gerar PDF', 'Editar', and 'Excluir'. The footer of the page reads 'Desenvolvido por Rochele Edenis e Kênia Araújo'.

pH	P	K	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	H+Al	SB	(t)	T	V	m	Arg	MO	P-rem
H ₂ O	mg/dm ³		cmol/dm ³											
2.00	1.00	1.00	1.00	0.01	0.01	0.01	0.00	1.02	0.01	0	0.98	-1.00	0.01	0.01

Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 24 mostra a opção de cadastrar produção, onde o usuário escolhe o produtor, a cultura, insere dados referentes à colheita e aos gastos com fertilização e correção.

Figura 24 – Cadastrar produção

The screenshot shows the 'SoloFertil' web application interface for 'Cadastrar produção'. The form is divided into two main sections: 'Dados da colheita' and 'Gastos com fertilização'. The 'Dados da colheita' section includes fields for 'Produtor' (dropdown), 'Cultura' (dropdown), 'Data da colheita' (date picker), 'Área plantada' (text input), 'Unidade' (dropdown), 'Produção' (text input), 'Unidade' (dropdown), 'Preço de venda' (text input), and 'Quantidade vendida' (text input). The 'Gastos com fertilização' section includes fields for 'Gastos com adubação N-P-K' (text input), 'Quantidade de calcário' (text input), 'Preço' (text input), 'Quantidade de adubo orgânico' (text input), and 'Preço' (text input). A 'Salvar' button is located at the bottom of the form. The footer of the page reads 'Desenvolvido por Rochele Edenis e Kênia Araújo'.

Fonte: Elaborado pelos autores.

Para consultar produção é necessário informar o produtor, a cultura e um intervalo de datas onde as colheitas aconteceram.

Já a evolução da produtividade pode ser consultada por meio da escolha de produtor e cultura. O sistema filtrará toda as produções cadastradas de acordo com os dados informados e

retornará, como mostrado na Figura 25, os gráficos de produtividade, possibilitando a comparação entre produtividade e os gastos com vendas em um dado período para determinada cultura e produtor.

Figura 25 – Evolução da produtividade



Fonte: Elaborado pelos autores.

A Figura 26 mostra um resumo presente no módulo de Ajuda com informações sobre fórmulas e métodos utilizados para os cálculos realizados pelo SoloFértil.

Figura 26 – Módulo de ajuda: Cálculos

☰

Cálculos

O conteúdo a seguir apresenta um resumo teórico dos cálculos utilizados pelo sistema.

Interpretação

A classificação do tipo de solo, bem como dos níveis dos nutrientes inseridos da análise se dão de acordo com as tabelas presentes no Capítulo 5 do Livro 5ª Aproximação.

Os valores de CTC Efetiva (t), CTC Esperada (T), Saturação por alumínio (m) e Saturação por bases (V) são calculados automaticamente pelo sistema através das fórmulas:

$$t = SB + Al^{3+}$$

$$T = SB + (H + Al)$$

$$m = 100Al^{3+}/t$$

$$V = 100SB/t$$

Calagem

O cálculo da calagem nesse sistema se dá de duas maneiras. A primeira delas é através do **Método de Neutralização do Al³⁺ e elevação dos teores de Ca²⁺ + Mg²⁺**, que é dada pela fórmula:

NC = CA + CD

NC = Necessidade de Calagem

CA = Correção da Acidez de acordo com a cultura e capacidade tampão do solo, sendo determinada por

$$CA = Y[Al^{3+} - (m_t \cdot t/100)]$$

CD = correção da deficiência de Ca e Mg. CD é determinado por

$$CD = X - (Ca^{2+} + Mg^{2+})$$

Y é definido de acordo com os **teores de fósforo remanescente**: $\hat{Y} = 4,002 - 0,125901 P\text{-rem} + 0,001205 P\text{-rem}^2 - 0,00000362 P\text{-rem}^3$ ou através dos **teores de argila**: $\hat{Y} = 0,0302 + 0,06532 Arg - 0,000257 Arg^2$. Já X é um valor variável em função dos requerimentos de Ca e de Mg pelas culturas.

A segunda maneira de se determinar a necessidade de calagem é através do **Método de saturação por bases**, através da fórmula:

NC = T(V_e - V_a)/100, em que

T = CTC a pH 7 = SB + (H + Al) em cmol_c/dm³,

SB = Soma de bases = Ca²⁺ + Mg²⁺ + K⁺, em cmol_c/dm³,

V_a = Saturação por bases atual = 100 SB/T, em %, e

V_e = Saturação por bases desejada pela cultura de acordo com o capítulo 8 do livro.

Adubação

O sistema leva em conta a necessidade de nutrientes NPK apresentada por cada cultura e a quantidade de nutrientes presentes no solo.

Para a classificação de K disponível no solo existem limites de valores específicos.

Já para P, a classificação desses limites pode variar de acordo com o teor de argila (%) ou P-rem (mg/L) dependendo da cultura.

Então, de acordo com a classificação de P ou K disponível no solo, cada cultura terá uma exigência específica para elevar os teores desses nutrientes. Já o nitrogênio não é viável medi-lo no solo, tendo cada cultura uma demanda.

Após encontrar a necessidade dos nutrientes, o sistema calcula a necessidade de adubo simples ou composto.

Desenvolvido por Rochele Edenís e Kênia Araújo

Fonte: Elaborado pelos autores.

O módulo de ajuda fornecido possui esclarecimentos a respeito dos objetivos do sistema, utilização de suas funcionalidades, referências, cálculos entre outros.

O SoloFértil também gera relatórios dos resultados de interpretação, dados de análise, sugestão de adubo e sucessão de culturas e das informações sobre uma cultura, que podem ser impressos ou salvos em formato PDF, como exemplificado na Figura 27.

Figura 27 – Relatórios: Exemplo

Sugestão de adubação16-05-20171

Sugestão de adubação para Batata-Doce

Calagem:

- Elevar a saturação por bases a 60% e o teor de magnésio do solo a um mínimo de 1,0 cmol_c/dm³.
- Quantidade de calcário necessária calculada através do método da **neutralização do Al³⁺**: 1 t/ha.
- Quantidade de calcário necessária calculada através do método da **saturação por bases**: 0.01 t/ha.

Adubação orgânica: Em solos arenosos, aplicar 10 t/ha de esterco de curral curtido ou de composto orgânico, ou 2,5 t/ha de esterco de aves curtido ou 1,0 t/ha de torta de mamona fermentada.

Adubação mineral:

- **Quantidade de N:** 60 kg/ha;
- **Quantidade de P₂O₅:** 180 kg/ha;
- **Quantidade de K₂O:** 90 kg/ha;
- **Fórmula simplificada de N-P-K:** 1 : 3 : 1,5.

Parcelamento da adubação mineral:

O fósforo deve ser aplicado todo no plantio juntamente com o adubo orgânico, o potássio e 50 % do nitrogênio. Em cobertura, aplica-se o restante do nitrogênio 30 dias após o plantio das ramas.

Simulação da compra de fertilizantes

Tipo de fertilizante: Simples

Quantidade de ureia: 136 kg/ha

Quantidade de superfosfato triplo: 439 kg/ha

Quantidade de cloreto de potássio: 155 kg/ha

Gerado pelo SoloFértil - Sistema de Interpretação de Análise de Solo

Fonte: Elaborado pelos autores.

Todas as telas do sistema que requerem preenchimento de campos realizam tratamento de dados com uso de máscaras e validação de tipos de dados e campos obrigatórios.

Também é importante observar que o menu fixo e o recurso de *Breadbrums* – que mostra ao usuário sua localização dentro da hierarquia do sistema – fazem com que a navegação entre as funções se torne mais dinâmica.

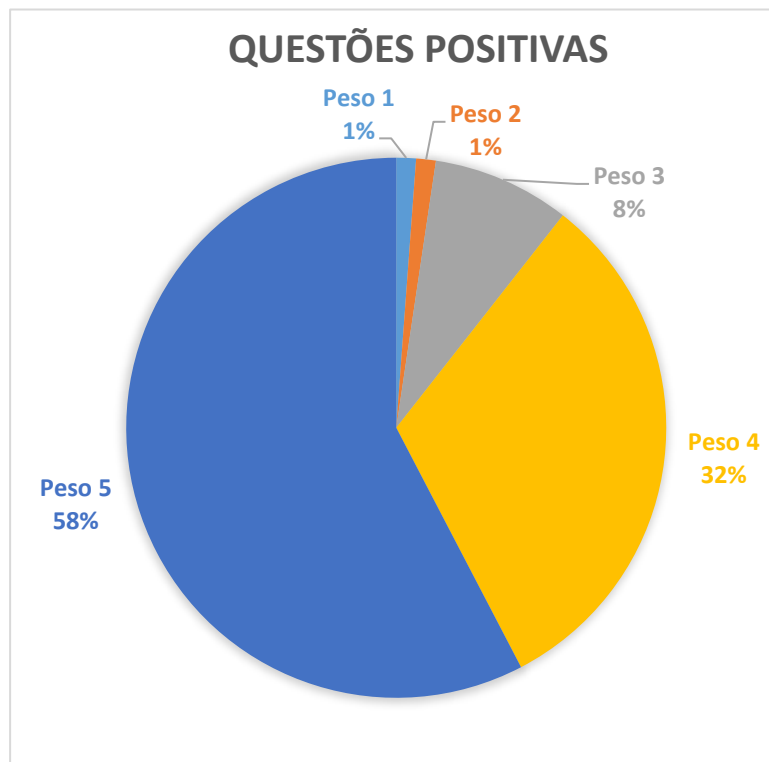
4.3 VALIDAÇÃO E TESTES

Além das verificações estáticas realizadas durante a fase de desenvolvimento, o sistema foi testado por 17 alunos do curso de Agronomia que, de maneira geral, o avaliaram de forma positiva. A forma de avaliação se deu por meio da aplicação do questionário SUS.

O SUS possui cinco afirmações positivas e cinco afirmações negativas. Para cada uma delas, os alunos puderam atribuir um peso (nota) numa escala de 1 a 5, em que 1 pode ser interpretado como Discordo Totalmente e 5 como Concordo Totalmente.

É possível perceber no Gráfico 1 que 90% (58% + 32%) dos alunos concordaram totalmente ou quase totalmente com todas as características positivas citadas no formulário em relação ao sistema:

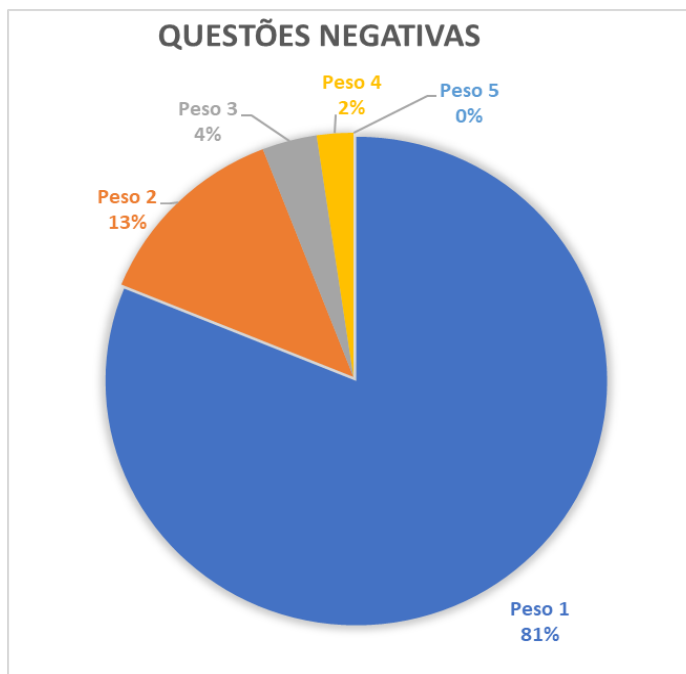
Gráfico 1 – Opiniões subjetivas: questões positivas



Fonte: Elaborado pelos autores.

No Gráfico 2, 94% (81% + 13%) discordaram totalmente ou quase totalmente sobre o sistema apresentar características negativas que foram citadas no formulário:

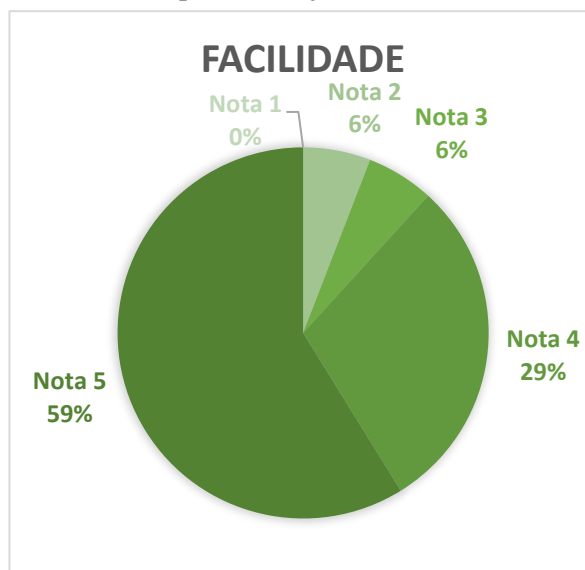
Gráfico 2 – Opiniões subjetivas: questões negativas



Fonte: Elaborado pelos autores.

É possível notar pelo Gráfico 3 que 59% dos alunos concordaram totalmente diante da afirmação sobre o sistema ser fácil de usar.

Gráfico 3 – Opiniões subjetivas: facilidade de uso



Fonte: Elaborado pelos autores.

O Gráfico 4 mostra que 71% dos alunos discordaram totalmente diante da afirmação de que o sistema apresenta inconsistências.

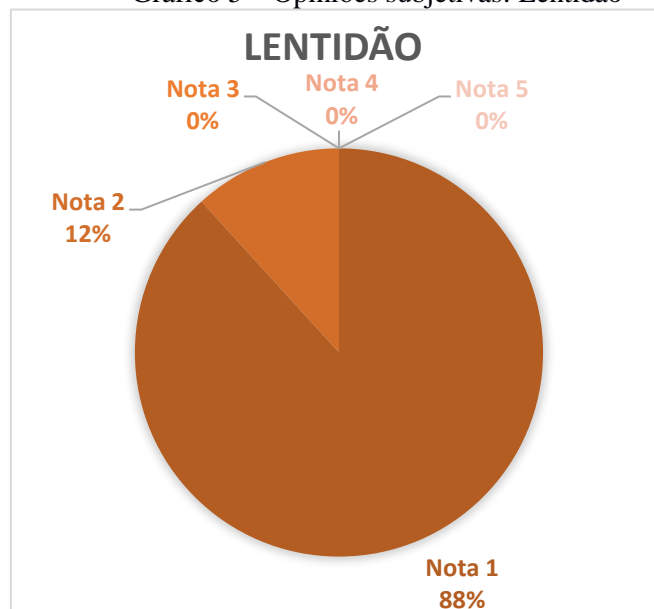
Gráfico 4 – Opiniões subjetivas: Inconsistências



Fonte: Elaborado pelos autores.

Da mesma forma, o Gráfico 5 mostra que os usuários submetidos ao questionário não acharam que o sistema apresentasse lentidões.

Gráfico 5 – Opiniões subjetivas: Lentidão



Fonte: Elaborado pelos autores.

Ainda é importante afirmar que 71% afirmaram que utilizariam o SoloFértil com frequência. Dentre as críticas e sugestões coletadas por meio de questões abertas do formulário,

vale destacar que 3 alunos sugeriram que o sistema trabalhasse com mais culturas, 2 alunos encontraram dificuldade de entendimento do objetivo do módulo de sugestão de cultura e 1 aluno reportou complicação em encontrar a função de encerrar a sessão no sistema.

Também foi sugerido que o sistema trabalhasse com micronutrientes e diferentes valores de Poder Relativo de Neutralização Total do Calcário (PRNT), uma vez que o sistema só calcula a calagem com PRNT igual a 100%.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Com esse trabalho, pôde-se criar uma ferramenta gratuita e independente de sistemas operacionais, uma vez que sistemas *web* só dependem de um navegador e conexão com internet para serem executados.

O seu desenvolvimento contou com o uso de padrões, ferramentas, procedimentos e métodos adequados, assegurando sua entrega no prazo correto e atendendo aos requisitos propostos. Também possibilitou uma experiência considerável na área de desenvolvimento *web* além de trazer perspectivas a respeito das variáveis que envolvem a realização de um projeto de *software* e do quão imprevisível ele pode ser.

Notou-se que ao desenvolver um *software* deve haver um nível de planejamento, mas que suporte mudanças, estando os envolvidos no processo com um pensamento flexível, aptos a adaptações sempre que necessárias, como foi no caso desse trabalho.

Outro fator relevante foi a integração entre áreas, enriquecendo as relações entre docentes e discentes dos cursos de Agronomia e Sistemas de Informação do IFMG-SJE. Essa integração possibilitou maior entendimento sobre algumas práticas agrícolas e, em contrapartida, os alunos de agronomia puderam conhecer a ferramenta desenvolvida e ter a experiência de simular uma prática que faz parte da rotina do profissional agrícola, mas dessa vez com a auxílio de um sistema. Além de avaliar o *software*, os alunos deram sugestões que podem ser analisadas e utilizadas como base para propostas de futuras melhorias do sistema, servindo como instrumento precursor para a fase de evolução do *software*.

Destaca-se que, apesar das verificações estáticas, da validação dos requisitos, da avaliação positiva sobre a precisão dos cálculos realizada pelo especialista e da validação subjetiva de usabilidade feita pelos alunos, não ocorreram testes unitários ou de integração no sistema a nível de desenvolvimento. Desta forma, sugere-se para trabalhos futuros que esses testes sejam realizados, podendo ser facilitados com a utilização das especificações de casos de uso para a criação de casos de testes.

O SoloFértil poderá contribuir para a parte gerencial do trabalho dos profissionais agrícolas e produtores uma vez que mantém dados do histórico de cultivo para controlar a evolução da fertilidade do solo e a produtividade das culturas que podem ser visualizados através de gráficos e tabelas; disponibiliza informações úteis sobre as principais hortaliças cultivadas em Minas Gerais; contém um módulo de ajuda e gera relatórios.

Por fim, o *software* é um complemento e facilitador da escolha de práticas agrícolas adequadas. Isso implica em maior lucratividade e menos gastos com fertilizantes para os produtores e menores danos ao meio ambiente, uma vez que os fertilizantes e as culturas para sucessão poderão ser escolhidos com maior precisão.

REFERÊNCIAS

AGROTIS. **Fértil Agrowin – Software para interpretação de Análises de Solo**. Versão 12. Curitiba: Agrotis Agroinformática, 2017. Disponível em: <<http://www.adubecerto.com.br>>. Acesso em: 10 fev. 2017.

AIDAR, H.; BIAVA, M. (Ed.). **Produção de Sementes Sadias de Feijão Comum em Várzeas Tropicais**. In: EMBRAPA ARROZ E FEIJÃO. **Sistema de Produção**, [S.l.], v. 4, 2004. Disponível em: <https://sistemasdeproducao.cnptia.embrapa.br/FontesHTML/Feijao/FeijaoVarzeaTropical/correcao_acidez_solo.htm>. Acesso em: 02 jun. 2016.

ALCARDE, J. C. Fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciências do solo.

ANDRADE, A. L. L. **Usabilidade de interfaces web**: Avaliação heurística do jornalismo on-line. 1. ed. Rio de Janeiro: E-papers. 2007.

ASTAH. **Astah Community**. Versão 7.1.0. Disponível em: <<http://astah.net/editions/community>>. Acesso em: 27 abr. 2016.

AVOYAN, H. As melhores plataformas PHP para 2015. **IMasters**, [S.l.], fev. 2015. Disponível: <<https://imasters.com.br/linguagens/php/as-melhores-plataformas-php-para-2015/?trace=1519021197&source=single>>. Acesso em: 26 mar. 2017.

BALDUINO, P. **Dominando Javascript com JQuery**. Rio de Janeiro: Casa do Código, 2012.

BALSAN, R. Impactos Decorrentes da Modernização da Agricultura Brasileira. **CAMPO-TERRITÓRIO: revista de geografia agrária**. [Uberlândia]: v. 1, n. 2, p. 123-151, ago. 2006. Disponível em: <<http://www.seer.ufu.br/index.php/campoterritorio/article/view/11787>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

BARROS, J. F. C.; CALADO, J. G. **Rotações de Culturas**. Évora: Universidade de Évora, 2011. Disponível em: <<https://dspace.uevora.pt/rdpc/bitstream/10174/3103/1/rotações.pdf>>. Acesso em: 23 fev. 2016.

BARROS, T.; SILVA, M.; ESPÍNOLA, E. **State MVC: Estendendo o padrão MVC para uso no desenvolvimento de aplicações para dispositivos móveis**. 2007. Disponível em: <<http://www.tiagobarros.org/docs/SMVC.pdf>>. Acesso em: 05 maio 2016.

BENTO, E. J. **Desenvolvimento Web com PHP e MySQL**. São Paulo: Casa do Código, 2014.

BERTONI, J.; NETO, F. L. **Conservação do Solo**. 8. ed. São Paulo: Editora Ícone, 2012.

BOOCH, G.; RUMBAUGH, J.; JACOBSON, I. **UML: Guia do Usuário**. Tradução Fábio Freitas Silva e Cristina Amorim Machado. 2. ed. Rio de Janeiro: Campus-Elsevier, 2005.

BORTOLOZZO, A. R.; BERNADI, J. Custos de Produção. In: EMBRAPA UVA E VINHO. Produção de Morangos no Sistema Semi-Hidropônico. [S.l.]: **Sistemas de Produção**, v. 15, ago. 2006. Disponível em: <

<http://www.cnpuv.embrapa.br/publica/sprod/MorangoSemiHidroponico/custo.htm> >. Acesso em: 03 jun. 2016.

BROOKE, J. **SUS – A quick and dirty usability scale**. 1996. Disponível em:

<<https://hell.meiert.org/core/pdf/sus.pdf>>. Acesso em: 20 jan. 2017.

BROOKES, P.C. **The use of microbial parameters in monitoring soil pollution by heavy metals**. Biol. Fert. Soils, 19:269-279, 1995. Disponível em:

<<http://link.springer.com/article/10.1007%2F03336094#page-1>>. Acesso em: 01 jun. 2016.

CANTARUTTI, R. B.; BARROS, N. F.; MARINEZ, H. E. P.; NOVAIS, R. F. Avaliação da fertilidade do solo e recomendação de fertilizantes. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciências do solo.

CARVALHO, F. T.; NOVAIS, R. F.; ALVARES V., V. H.; BARROS, N. F.;

CANTARUTTI, R. B.; BAHIA FILHO, A. F. C. Sistema de Interpretação de Análise de Solo para Recomendação de NPK para a Cultura do Milho. **Revista Ceres**, Viçosa, MG, v. 53, n. 306, p. 211-223, 2006. Disponível em:

<<http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/view/3132>>. Acesso em: 21 fev. 2017.

CELEPAR. **Guia de Especificação de Caso de Uso**. v. 1, [Curitiba]: CELEPAR Informática do Paraná, 2009. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/12380636-Guia-de-especificacao-de-caso-de-uso-metodologia-celepar.html>>. Acesso em: 16 fev. 2017.

CONFEDERAÇÃO DA AGRICULTURA E PECUÁRIA DO BRASIL. **Dados do IBGE confirmam o agronegócio brasileiro como principal suporte da economia do país**. 2015.

Disponível em: <<http://www.cnabrazil.org.br/noticias/dados-do-ibge-confirmam-o-agronegocio-brasileiro-como-principal-suporte-da-economia-do-pais>>. Acesso em: 18 mar. 2016.

COSTA, C. A. Aplicação da Linguagem de Modelagem Unificada (UML) para o suporte ao projeto de sistemas... **Gestão e Produção**, v. 8, n. 1, p. 19-36, abr. 2001. Caxias do Sul,

Departamento de Engenharia Mecânica da UCS. Disponível em:

<<http://www.scielo.br/pdf/gp/v8n1/v8n1a02>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

CRESPO, A. N.; SILVA, O.J; BORGES, C. A.; SALVIANO, C. F.; ARGOLO JUNIOR, M. T.; JINO, M. **Uma metodologia de teste de software no contexto da melhoria de processo**.

In: Simpósio Brasileiro de Qualidade de Software. 2004. Disponível em:

<https://www.researchgate.net/profile/Adalberto_Crespo/publication/237497188_Uma_Metodologia_para_Testes_de_Software_no_Contexto_da_Melhoria_de_Processo/links/54e5d1040cf2cd2e028b338b.pdf>. Acesso em: 05 jan. 2017.

CRUZ, J. C. (Ed). Fertilidade dos Solos. 2012. In: EMBRAPA MILHO E SORGO. Cultivo do Milho. [S.I.]: **Sistemas de Produção**, v. 1, 8. ed., out. 2012. Disponível em:

<http://www.cnpms.embrapa.br/publicacoes/milho_8_ed/fertilidade.htm>. Acesso em: 02 abr. 2016.

DECHEN, A. R.; NACHTIGALL, G. R. Elementos requeridos à nutrição de plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciências do solo, 2007.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; CELEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A., (Ed). **Defining soil quality for sustainable environment**. Madison: Soil Science Society of America, 1994.

DUARTE JÚNIOR, J. B. **Rotação de culturas**. Niterói: Programa Rio Rural, 2010 (Manual Técnico, 22).

ENGEL, G. I. Pesquisa-ação. **Educar**, Curitiba: Editora da UFPR, n. 16, p. 181-191, 2000. Disponível em: <http://www.educaremrevista.ufpr.br/arquivos_16/irineu_engel.pdf>. Acesso em: 10 set. 2016.

FAGERIA, N. K. Otimização da Eficiência Nutricional na Produção das Culturas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, n. 1, p. 6-16, 1998.

FEIJÓ, V. C.; GONÇALVEZ, B. S.; GOMEZ, L. S. R. Heurística para Avaliação em Interfaces de Aplicativos... **Design e Tecnologia**, [S.l.], v. 3, n. 06, p. 33-42, dez. 2013. Disponível em: <<https://www.ufrgs.br/det/index.php/det/article/view/141>>. Acesso em: 01 maio 2017.

FILARDI, A. L.; TRAINA, A. J. M. Montando questionários para medir a satisfação do usuário: Avaliação de interface... In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE FATORES HUMANOS EM SISTEMAS COMPUTACIONAIS, 8., 2008, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre, 2008. p. 176-185.

GIACOBO, D. **Ferramentas computacionais para Engenharia de Software**. [Paraná], 2012. Disponível em: <<http://docplayer.com.br/3424229-Ferramentas-computacionais-para-engenharia-de-software.html>>. Acesso em: 23 jan. 2017.

GRILO, F. D. N.; FORTES, R. P. M. **Aprendendo Javascript**. São Carlos, 2008.

GUEDES, G. T. A. **UML 2: Uma abordagem prática**. 2. ed. São Paulo: Novatec, 2011.

IAPAR. **Recomendações técnicas para a cultura do trigo no Paraná**. Londrina: IAPAR, 1995 (Circular, 86).

_____. **Amostragem de solo para análise química: Plantio direto e convencional, culturas perenes, várzeas, pastagens e capineiras**. Londrina: IAPAR, 1996. (Circular nº 90).

IFMG – CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA. **Laboratório de Solos do campus São João Evangelista recupera selo do PROFERT-MG**. São João Evangelista, 2014.

Disponível em: <http://portal.sje.ifmg.edu.br/index.php?option=com_content&view=article&id=1274:laboratorio-de-solos-do-campus-sao-joao-evangelista-tem-destaque-no-profert-mg&catid=30:noticias&Itemid=64>. Acesso em: 01 jun. 2016.

JACYNTHO, M. D. A. **Processos para desenvolvimento de Aplicações Web**. Rio de Janeiro: PUC-Departamento de Informática, 2008. Disponível em: <ftp://ftp.inf.puc-rio.br/pub/docs/techreports/09_23_jacyntho.pdf>. Acesso em 20 jan. 2017.

JQUERY. **O que é jQuery?** Disponível em: <<http://jquery.com/>>. Acesso em: 07 mar. 2016.

KREUZ, C. L.; LAZER, E. A.; PARIS, Q. Funções de Produção Von Liebig com Rendimentos Decrescentes. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 30, nº1. Brasília, 1995. Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/AI-SEDE/19372/1/pab95_jan_13.pdf>. Acesso em: 23 abr. 2016.

LEITE, J. C., 1999, [Natal]. [**Conceitos básicos de Engenharia de Software**]. [Natal]: Departamento de Informática e Matemática Aplicada da UFRN, 1999. Disponível em: <<https://www.dimap.ufrn.br/~jair/ES/conceitos.html#processo>>. Acesso em: 04 abr. 2017.

LEMO, R. D. **Elementos básicos para a construção de modelo de gestão de informação para engenharia de software: estudo de caso...** 2009. Dissertação (Mestrado em Ciência da Informação) – Universidade de Brasília, Departamento de Ciência de Informação e Documentação, Brasília, Distrito Federal, 2009.

LIMA, D. Crie e gerencie banco de dados com MariaDB. **TechTudo**, [S.l.], set. 2016. Disponível em: <<http://www.techtudo.com.br/tudo-sobre/mariadb.html>>. Acesso em: 10 jan. 2017.

LOPES, A. S. **Solos sob "Cerrado": características, propriedades e manejo**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. 1984. Disponível em: <http://www.alfredao.com.br/index.php?option=com_docman&task=doc_view&gid=69&tmpl=component&format=raw&Itemid=2>. Acesso em 02 jun. 2016.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. A. G. **Solos Sob Cerrado: Manejo da Fertilidade para a Produção agropecuária**. Boletim Técnico n. 5, São Paulo: ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1994.

LUCINI, R.; TANCON, M. A. **Sistema para controle de desenvolvimento de requisitos de software**. 2014. 68f. Trabalho de Conclusão de Curso (tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Campus Pato Branco. Pato Branco, 2014. Disponível em: <http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/4039/1/PB_COADS_2014_2_14.pdf>. Acesso em: 15 fev. 2017.

MALAVOLTA, E. **Manual de adubação**. São Paulo: Anda, 1975.

MARCONI, M. A.; LAKATOS, E. M. **Fundamentos de metodologia científica**. 7 ed. São Paulo: Atlas, 2010.

MATHEUS, D. **Trabalhando com PDO no PHP**. 2012. Disponível em: <<http://www.diogomatheus.com.br/blog/php/trabalhando-com-pdo-no-php/>>. Acesso em: 25 nov. 2016.

MAZZA, L. **HTML5 e CSS3: Domine a web do futuro**. São Paulo: Casa do Código, 2012.

MEURER, E.J. Fatores que influenciam o crescimento e o desenvolvimento das plantas. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de ciências do solo, 2007.

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO. **Oportunidades e Desafios às Exportações do Agronegócio**. In: 40º AgroEx. Passo Fundo, 2011. Disponível em:
<http://mapas.agricultura.gov.br/agroeventos/uploads/20110531_110200_663920110.pdf>. Acesso em: 23 mar. 2016.

MYSQL. **Edições do MySQL**. 2016. Disponível em: <<http://www.mysql.com/products/>>. Acesso em: 27 mar. 2016.

NASCIMENTO, A. L.; SAMPAIO, R. A.; JÚNIOR, D. S. B.; JUNIO, G. R. Z.; FERNANDES, L. A. Crescimento e Produtividade de Semente de Mamona Tratada com Lodo de Esgoto. **Revista Caatinga**, vol. 24, n. 4, 2011. Disponível em:
<<http://www.redalyc.org/pdf/2371/237120127021.pdf>>. Acesso em 05 jun. 2016.

NUNES, J. L. S. **Agricultura de Precisão**. AGROLINK, [S.l.], 12 set. 2016. Disponível em:
<https://www.agrolink.com.br/georreferenciamento/agricultura-de-precisao_361504.html>. Acesso em: 10 mar. 2017.

PAULA FILHO, W. P. **Engenharia de Software: Fundamentos, Métodos e Padrões**. 2. Ed. Rio de Janeiro: LTC, 2003.

PORTAL BRASIL. **Agricultura familiar produz 70% dos alimentos consumidos por brasileiro**. 2015. Disponível em: <<http://www.brasil.gov.br/economia-e-emprego/2015/07/agricultura-familiar-produz-70-dos-alimentos-consumidos-por-brasileiro>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

PORTAL DA EDUCAÇÃO. **Tecnologia da informação: Conceito**. 2013. Disponível em: <<http://www.portaleducacao.com.br/informatica/artigos/48271/tecnologia-da-informacao-conceito>>. Acesso em: 8 maio 2016.

PRESSMAN, R. S., MAXIM, B. **Engenharia de Software: Uma abordagem profissional**. Tradução Ariovaldo Griesi. 8. ed., Porto Alegre: AMGH, 2011.

PUGGINA, W. A. **O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente**. Tradução ANDA. [Paris]: IFA, UNEP, 2000. Disponível em:
<http://www.anda.org.br/multimedia/fertilizantes_meio_ambiente.pdf>. Acesso em: 20 maio 2016.

RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo: Editora Agronômica Ceres Ltda, 1991.

REDIN, E; FIALHO, M. A. V. Política Agrícola Brasileira: uma análise histórica da inserção da Agricultura familiar. In: Congresso SOBER, 48., 2010, Campo Grande. **Anais Eletrônicos...** Campo Grande: Sociedade Brasileira de Economia Administração e Sociologia

Rural, 2010. Disponível em: <<http://www.sober.org.br/palestra/15/922.pdf>>. Acesso em: 23 abr. 2016

REINEHR, S. S. **Reuso sistematizado de software e linhas de produto de software...** 2008. Tese (Doutorado em Engenharia)–Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008. Disponível em: <<http://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/3/3136/tde-30052008-111722/pt-br.php>>. Acesso em: 30 abr. 2017.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARAES, P.T.G.; ALVAREZ V., V.H. (Ed.). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5. Aproximação.** Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999.

SARTORELLI, T. R.; MONTANHA, G. K. Tecnologias da Informação aplicadas na Agricultura. In: Jornada Científica e Tecnológica da FATEC de Botucatu, 4., 2015, Botucatu. **Anais Eletrônicos...** Botucatu: FATEC, 2015. Disponível em: <<http://www.fatecbt.edu.br/ocs/index.php/IVJTC/IVJTC/paper/viewFile/239/479>>. Acesso: 25 nov. 2016.

SILVA, A. P. **Sistema de recomendação de fertilizantes e corretivos para a cultura do abacaxizeiro.** Tese (Pós-Graduação)–UFV, Viçosa, MG, 2006.

SILVA, J. S.; COSTA, I.; SPINOLA, M. **Proposta de Especificação de Requisito de Software. Estudo de Caso...** In: Congresso Internacional de Gestão da Tecnologia e Sistemas de Informação, 2., São Paulo: USP, 2005.

SILVA, M. S. **Javascript:** Guia do programador. 1. Ed. São Paulo: Novatec, 2010.

_____. **Bootstrap 3.3.5.** São Paulo: Novatec, 2015. Disponível em: <https://issuu.com/rvinius396g/docs/livro-bootstrap3-novatec-mauricio_s>. Acesso em: 03 maio 2016.

SILVA, V. M. **Revisão sistemática da evolução MVC na base ACM.** Tocantins, 2012. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Valeria_Silva8/publication/264003410_Revisao_sistemica_da_evolution_MVC_na_base_ACM/links/00b4953c839fa9bdd2000000.pdf> Acesso em 15 maio 2016.

SOARES, A. H. V.; SILVA, C. A.; ZAMBALDE, A. L. **CERESSEfs: Um Sistema Especialista para o Cálculo da Necessidade de Calagem...** Lavras: UFLAS – Departamento de Ciência da Computação, 2004.

SOARES, M. S. Comparação entre metodologias ágeis e tradicionais para o desenvolvimento de software. **INFOCOMP Journal of Computer Science**, [S.l.], v. 3, n. 2, p. 8-13, nov. 2004. Disponível em: <<http://www.dcc.ufla.br/infocomp/index.php/INFOCOMP/article/view/68>>. Acesso em: 20 mar. 2017.

SOARES, J. P. G.; CAVALCANTE, A. C. R.; HOLANDA JUNIOR, E. V. Agroecologia e sistemas de produção orgânica para pequenos ruminantes. Brasília, 2006. In: SEMANA DA CAPRINOCULTURA E DA OVINOCULTURA BRASILEIRAS, 5., 2006, Campo Grande.

Anais eletrônicos... Campo Grande: Embrapa Gado de Corte; Embrapa Caprinos, 2006. Seção palestras. Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/36656/1/AAC-Agroecologia-e-sistemas.pdf>>. Acesso em 19 ago. 2016.

SOCIEDADE NACIONAL DE AGRICULTURA. **Brasil é o terceiro maior exportador mundial de produtos agropecuários**. Rio de Janeiro, 2015. Disponível em: <<http://sna.agr.br/brasil-e-o-terceiro-maior-exportador-mundial-de-produtos-agropecuarios/>>. Acesso em: 26 mar. 2016.

SOMMERVILLE, I. **Engenharia de software**. 9. ed. São Paulo: Pearson Addison-Wesley, 2011.

SOUSA, D. M. G; MIRANDA, L. N.; OLIVEIRA, S. A. Acidez do solo e sua correção. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do Solo**. Viçosa, MG: Sociedade Brasileira de ciências do solo, 2007.

SOUZA, J. S. I.; PEIXOTO, A. M.; TOLEDO, F. F. de. **Enciclopédia Agrícola Brasileira: A-B**. São Paulo: Editora USP, 1995.

TORMENA, C. A. **Atributos físicos e qualidade física do solo que afetam a produtividade da cultura do milho safrinha**. In: Seminário Nacional de Milho Safrinha, 10., Rio Verde, 2003. Disponível em: <<http://www.abms.org.br/milhosufrinha/palestras/palestra02.pdf>>. Acesso em: 15 dez. 2016.

TOSING, S. L. **Aplicações na Nuvem – Como Construir com HTML5, Javascript, CSS, PHP e MySQL**. Rio de Janeiro: Editora Ciência Moderna, 2012. Disponível em: <<http://site.livrariacultura.com.br/imagem/capitulo/30374829.pdf>>. Acesso em: 10 out. 2016.

TRIPP, D. Pesquisa-ação: uma introdução metodológica. Tradução Lólio Lourenço de Oliveira. **Educação e Pesquisa**, São Paulo, v. 31, n. 3, p. 443-466, set./dez. 2005. Disponível em: <<http://w0ww.scielo.br/pdf/ep/v31n3/a09v31n3.pdf>>. Acesso em 3 out. 2016.

WATANABE, A.M., BESSA, L.P.D, MARTINS, T.G.M., *et al.* **Por que fazer análise de solo?** Curitiba: Universidade Federal do Paraná, Projeto Solo Planta, 2002. (Folder). Disponível em: <<http://www.soloplan.agrarias.ufpr.br/analisedesolo.htm>>. Acesso em: 23 abr 2016.

WEILER, M. G. **Projeto 10.000 hortas na África**. Tradução: Flora Misitano. 2013. (Manual para formadores). Disponível em: <http://slowfoodbrasil.com/documentos/hortas-slowfood_manual.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2016.

ZAMBALDE, A. L.; SCHNEIDER, H.; LOPES, M. A.; PAGLIS, C. M.; BAMBINI, M. D. **Tecnologia da Informação no agronegócio**. In: Mendes, C. I. C.; Oliveira, D. R. M. S.; Santos, A. R. (Ed.). Estudo do mercado brasileiro de *software* para o agronegócio. Embrapa Informática Agropecuária: Campinas, SP, 2011.

ZANETI JUNIOR, L. A.; VIDAL, A. G. R. Construção de Sistemas de Informação baseados na Tecnologia Web. **R. Admin.**, São Paulo, v. 41, n. 3, p. 232-244, jul./ago./set. 2006.

ZEMEL, T. **Web design responsivo: Páginas adaptáveis...** São Paulo: Casa do Código, 2012.

APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO SUS ADAPTADO

Validação do *software* SoloFértil

O presente questionário aborda uma visão global sobre estimativas subjetivas de usabilidade (FILLARDI e TRAINA, 2008) e será usado com a intenção auxiliar na validação do *software* apresentado, assim como propor futuras melhorias para o mesmo. A opinião dos usuários é extremamente relevante para que os desenvolvedores descubram se o *software* alcançou seus objetivos, atendendo aos requisitos propostos e cumprindo suas funcionalidades de forma íntegra, segura e precisa.

Portanto, é muito importante que você responda sinceramente as questões abaixo de acordo com suas experiências e perspectivas ao usar o *software* SoloFértil:

O sistema...

1 – Apresentou falhas com frequência?

() Sim () Não () Não tenho certeza

2 – O módulo de AJUDA resolveu as dúvidas relacionadas ao uso do sistema?

() Sim () Não () Não tenho certeza

3 – Algum cálculo ou recomendação apresentou erros nos resultados?

() Sim () Não () Não tenho certeza

Se sim, quais? _____

Por favor, atribua uma nota de 1 a 5 para cada item de acordo com a sua opinião sobre o sistema.

Questionário SUS

	Discordo Fortemente				Concordo Fortemente
1. Acho que eu gostaria de usar o Sistema com frequência.	1	2	3	4	5
2. Achei o Sistema complexo.	1	2	3	4	5
3. Eu achei o Sistema fácil de usar.	1	2	3	4	5
4. Eu penso que precisaria de suporte de um especialista nesse sistema para ser capaz de usá-lo.	1	2	3	4	5
5. Eu encontrei várias funções neste sistema que estavam bem integradas.	1	2	3	4	5
6. Havia muitas inconsistências neste sistema	1	2	3	4	5
7. Acho que muitas pessoas aprenderiam a usar este Sistema rapidamente.	1	2	3	4	5
8. Eu achei o Sistema muito lento.	1	2	3	4	5
9. Eu me senti muito confiante usando o sistema	1	2	3	4	5
10. Demorei para me adaptar ao sistema.	1	2	3	4	5

Dicas ou sugestões? Deixe um comentário. (Opcional)

Nome (Opcional): _____