

INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
CAMPUS SÃO JOÃO EVANGELISTA
NATHAN AGUIAR BARBOSA SILVA

TECNOSSOLO: SOFTWARE PARA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ATÉ O
QUARTO NÍVEL CATEGÓRICO

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2017

NATHAN AGUIAR BARBOSA SILVA

**TECNOSSOLO: SOFTWARE PARA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ATÉ O
QUARTO NÍVEL CATEGÓRICO**

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: Prof. Ítalo Magno Pereira.

Coorientador: Prof. Dr. José Roberto de Paula

SÃO JOÃO EVANGELISTA

2017

FICHA CATALOGRÁFICA

S581t Silva, Nathan Aguiar Barbosa.
2017

Tecnossolo : software para classificação de solos até o quarto nível
categórico. / Nathan Aguiar Barbosa Silva. – 2017.
49f. ; 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: Esp. Ítalo Magno Pereira.
Coorientador: Dr. José Roberto de Paula.

1.Solo. 2. Classificação. 3.Software. 4. Web. I. Silva, Nathan Aguiar
Barbosa. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas
Gerais – Campus São João Evangelista. III. Título.

CDD 631.4

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

NATHAN AGUIAR BARBOSA SILVA

**TECNOSSOLO: SOFTWARE PARA CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS ATÉ O
QUARTO NÍVEL CATEGÓRICO**

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.

Aprovado em:/...../.....

BANCA EXAMINADORA



Orientador: Prof. Ítalo Magno Pereira
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista

Coorientador: Prof. Dr. José Roberto de Paula
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista

Convidada: Prof. Ma. Karina Dutra de Carvalho Lemos
Instituto Federal de Minas Gerais - *Campus* São João Evangelista

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por sempre me sustentar. À minha família que sempre me deu apoio e compreensão. Aos orientadores que foram parte fundamental deste trabalho, pela ajuda e por compartilhar conhecimento. Aos meus amigos que me apoiaram e que estiveram ao meu lado. Ao IFMG pela oportunidade de ingressar em um curso superior.

Deve-se aprender sempre, até mesmo com um inimigo.

Isaac Newton

RESUMO

Existem inúmeros tipos de solos no mundo e cada um tem características distintas porque são submetidos a diferentes processos de formação. Devido à necessidade de agrupar os solos com características em comum, os pedólogos criaram sistemas taxonômicos. Os sistemas taxonômicos dos solos são divididos em níveis hierárquicos, multicategórico, e cada país tem a necessidade de criar o próprio sistema de classificação, visto que tem necessidades específicas de utilização do solo. O Brasil criou o primeiro Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos em 1999, que atualmente está na terceira edição. Devido a grande quantidade de tipos de solos, foi desenvolvida uma ferramenta para auxiliar a classificação dos solos, oferecendo rapidez e eficiência no processo identificação de um solo, bem como no acesso às informações para consulta. Além de ser uma ferramenta que poderá ser utilizada pelos pedólogos, poderá ser empregada no âmbito educacional para apoiar o aprendizado dos alunos de cursos da área de ciências agrárias.

Palavras-chave: Solo, Classificação, Ferramenta.

ABSTRACT

There are numerous types of soils in the world and each one has distinct characteristics because they are submitted to different formation processes. Due to the need to group the soils with common characteristics, the pedologists created taxonomic systems. Soil taxonomic systems are divided into hierarchical levels, multicategore, and each country has the need to create the classification system itself, since it has specific needs for land use. Brazil created the first Brazilian Soil Classification System in 1999, which is currently in the third edition. Due to the large number of soil types, a tool has been developed to assist in the classification of soils, providing quick and efficient soil identification, as well as access to information for consultation. Besides being a tool that can be used by pedologists, it can be used in the educational field to support students' learning in courses in the area of agricultural science.

Keywords: Soil, Classification, Tool.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Diferentes formações de solo.....	13
Figura 2 - Exemplo de modelo de desenvolvimento	17
Figura 3 - Requisição cliente - servidor	21
Figura 4 - Caso de uso Tecnosolo.....	27
Figura 5 - Diagrama de atividade	28
Figura 6 - Tela inicial	31
Figura 7- Chaves de classificação	32
Figura 8 - Resultado da classificação	32
Figura 9 - Foto ampliada	33
Figura 10 - Listar solos.....	33
Figura 11- Atributos do solo.....	34
Figura 12- Escala linear.....	34
Figura 13 - Acesso à internet.....	35
Figura 14- Facilidade na leitura dos caracteres	36
Figura 15 – Distribuição dos objetos na tela	36
Figura 16- Quantidade de informações	37
Figura 17- Ordem das informações	37
Figura 18- Facilidade de operar o sistema.....	38
Figura 19- Facilidade de navegação dentro do sistema.....	39
Figura 20- Títulos adequados	39
Figura 21- Textos claros	40
Figura 22- Harmonia do estilo e das cores	40
Figura 23- Satisfação com o sistema	41

LISTA DE SIGLAS

CSS – *Cascading Style Sheets*

FAO – *Food and Agriculture Organization*

HTML – *HyperText Markup Language*

OMG – *Object Management Group*

PHP – *Hypertext Preprocessor*

SGBD – *Sistema Gerenciador de Banco de Dados*

SiBCS – *Sistema Brasileiro de Classificação de Solos*

SQL – *Structured Query Language*

UML – *Unified Modeling Language*

XP – *Extreme Programming*

WRB – *World Reference Base*

WWW – *World Wide Web*

W3C – *World Wide Web Consortium*

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	10
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	FORMAÇÃO DO SOLO.....	12
2.2	CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS	13
2.3	SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS	14
2.4	TECNOLOGIAS PARA O SOLO	15
2.5	ENGENHARIA DE SOFTWARE	16
2.5.1	Processo de desenvolvimento de software	17
2.5.2	Levantamento de requisitos.....	18
2.5.3	UML.....	19
2.5.4	Desenvolvimento ágil.....	20
2.6	APLICAÇÕES WEB	20
2.7	BANCO DE DADOS	22
2.7.1	Características de um banco de dados.....	22
2.8	TRABALHOS CORRELATOS	23
3	METODOLOGIA	24
3.1	NATUREZA DE PESQUISA	24
3.2	INSTRUMENTAÇÃO	24
3.3	POPULAÇÃO E AMOSTRA	25
3.4	MÉTODOS E PROCEDIMENTOS	25
3.5	TRATAMENTO DOS DADOS	30
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO	31
4.1	VERSÃO DE TESTE DO SISTEMA	31
4.2	ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO.....	34
5	CONCLUSÃO	42
	REFERÊNCIAS	43
	APÊNDICES	47
	APÊNDICE A - QUESTIONÁRIO.....	47

1 INTRODUÇÃO

De acordo com EMBRAPA (2013), o solo é um conjunto de corpos constituído por materiais orgânicos e minerais, sendo oriundo da decomposição das rochas pela atuação de agentes químicos, físicos e biológicos, possuindo ou não matéria orgânica. Segundo Lepsch (2010), para um pedólogo, o solo é um agrupamento de corpos naturais dinâmicos, com presença de matéria orgânica, sendo o resultado das ações de organismos e pela ação do clima em contato com o material de origem. Reichardt e Timm (2012), afirmam que, quando é realizado um corte vertical no solo, é possível observar uma sequência de camadas superpostas intituladas de horizontes, sendo que o conjunto destes recebe o nome de perfil do solo.

Conforme Santos (2005), para delimitar a morfologia e identificar os horizontes, são coletadas amostras do solo no campo. A amostragem é bastante simples e não depende de ferramentas complexas. Os equipamentos utilizados são pás, lupas, martelo pedológico e tabela de cores. Depois da amostragem, devem-se utilizar exames de laboratório para classificar devidamente o solo sem subjetividade. De acordo com Lepsch (2010, p.67), “depois da cuidadosa escolha do local desse perfil, ele é examinado e sua morfologia descrita. Também se coletam amostras diversas de todos os horizontes para análises de laboratório”.

Conforme Reichardt e Timm (2012) os solos com perfis bem desenvolvidos apresentam quatro horizontes, A, B, C e D, que podem ter subdivisões. Segundo Lepsch (2010), é feita uma observação que confirma a presença ou ausência de um horizonte em um perfil do solo e essa observação auxilia na classificação do solo. De acordo com EMBRAPA (2013), os níveis categóricos da classificação dos solos são divididos em seis: ordens, subordens, grandes grupos, subgrupos, famílias e séries.

Diante destas classificações do solo em níveis, o profissional ou estudante tem que ser criterioso, conhecer as características dos solos e consultar o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS) para determinar seus níveis categóricos e a qual classe pertence. Pelo fato de existirem muitos tipos de solos, tem-se a necessidade de classificá-lo de acordo com suas características em comum e sua aplicabilidade. Em razão da enorme quantidade de níveis e subníveis existentes dentro do SiBCS, identificar o solo com precisão e rapidez pode se tornar uma função difícil até para pessoas com experiência.

Diante das necessidades de se identificar um solo e classificá-lo, percebe-se a necessidade de desenvolver um *software* para facilitar o reconhecimento, servindo de apoio

aos profissionais e estudantes de cursos da área de ciências agrárias e ambientais que estão assimilando este conhecimento. Para esta temática existem poucos *softwares* que colaboram com a identificação do solo com as informações até o quarto nível de classificação, presentes no SiBCS (EMBRAPA, 2013).

O objetivo do trabalho é desenvolver um software de apoio à classificação dos solos até o quarto nível categórico, facilitando o estudo do solo para os estudantes, professores e profissionais que atuam nas áreas das ciências agrárias e ambientais. Os objetivos específicos são: a) Realizar o levantamento de requisitos de um sistema de classificação de solos que seja de fácil utilização; b) Tornar possível a classificação de solos de uma maneira interativa e intuitiva para o usuário e; c) Avaliar a usabilidade do sistema por meio de um questionário;

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Uma pesquisa não se inicia do zero, dessa maneira é preciso referenciar o trabalho com pesquisas feitas por outros autores, de modo a enfatizar a importância do estudo, reafirmar comportamentos, apresentar contradições e realçar os resultados obtidos. Desse modo é importante coletar citações de várias fontes para validar o objeto de pesquisa, pois um projeto deve abranger as premissas e os pressupostos teóricos em que o pesquisador fundamentará sua interpretação (MARCONI e LAKATOS, 2012).

A estruturação do trabalho está dividida de modo a demonstrar a importância do solo, suas características e a classificação dos solos do Brasil, mostrando que é necessário o investimento em novas tecnologias para a área agrária. Este capítulo está organizado em sete seções, sendo estruturado da seguinte maneira: formação do solo, classificação dos solos, Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos, tecnologias para solos, engenharia de software, aplicações WEB e banco de dados.

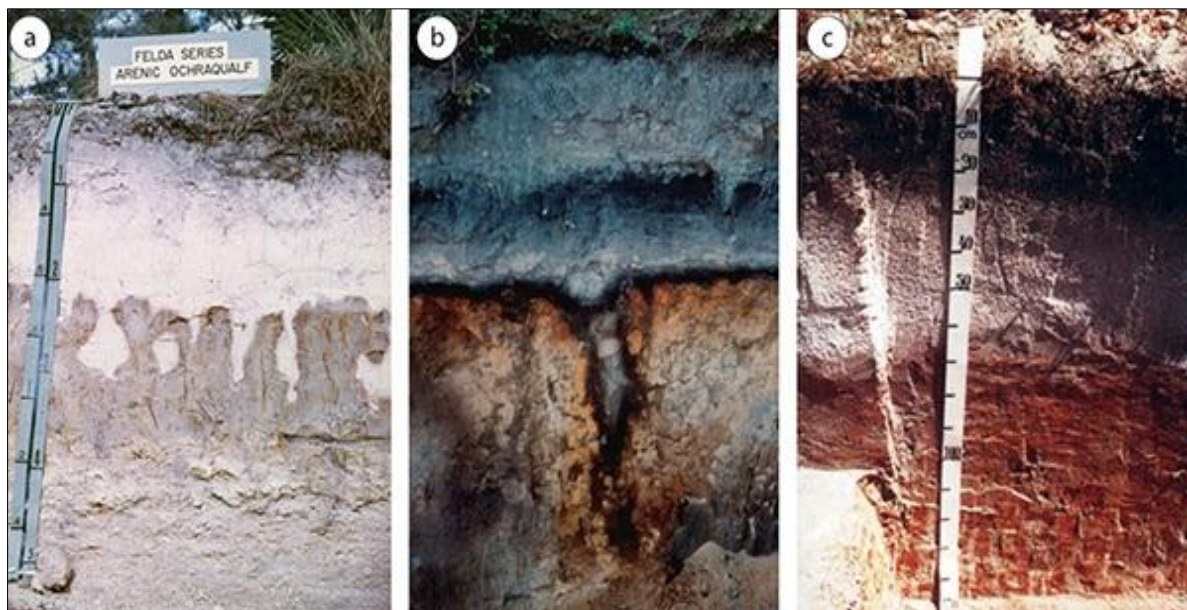
2.1 FORMAÇÃO DO SOLO

De acordo com Lepsch (2010), o solo começa a se formar a partir de uma rocha, a qual passa pela intervenção de ocorrências químicas, físicas e biológicas, que transforma o substrato inicial em solo ao decorrer do tempo, a partir disto, ocorre o surgimento de camadas aparentes que podem ser chamadas de horizontes.

Existem cinco fatores que influenciam na gênese do solo: Material Original ou Rocha (M), Tempo ou Idade (I), Topografia (T), Clima (C) e Organismos Vivos (O). Em linguagem matemática tem-se a seguinte expressão: $Solo = f(M, I, C, T, O)$. “Da combinação dos quatro últimos fatores atuando em diferentes intensidades sobre o mesmo material M, resulta a grande diversidade de tipos de solo” (REICHARDT e TIMM, 2012, p. 17).

Resende *et al.* (2002), indicam que os solos se diferenciam de um local para o outro e cada solo tem características distintas, pois os fatores de formação do solo atuam com intensidades diferentes, dado que sempre existe algum fator predominante nesse processo conforme pode ser visto na Figura 1. Por esse motivo têm-se a necessidade de classificar o solo de acordo com suas características em comum e sua aplicabilidade.

Figura 1 - Diferentes formações de solo



Fonte: Lepsch, 2010.

2.2 CLASSIFICAÇÃO DOS SOLOS

Campos e Gomes (2007) afirmam que a taxonomia é uma estrutura de classificação que caracteriza a organização intelectual de um determinado contexto. E segundo Lepsch (2010), devido à existência de muitos tipos de solo, os pedólogos criaram sistemas taxonômicos para agrupar os solos de acordo com as características em comum. “Desta forma, os “indivíduos solo” representados pelos seus perfis (ou *pedons*), são reunidos em classes de várias categorias hierarquizadas, das mais gerais às mais específicas.” (LEPSCH, 2010, p.67).

Segundo Ker (2012), a taxonomia dos solos se fundamenta nos procedimentos de formação do solo, sendo que a estrutura dos sistemas taxonômicos se baseiam em hierarquias, nomes ou descrições que podem ser alteradas com o tempo. Lepsch (2010), mostra que existem vários sistemas de classificação dos solos, sendo que cada país costuma adotar um modelo de classificação próprio de acordo com as necessidades existentes de utilização do solo. Entre os vários sistemas criados podemos citar o dos Estados Unidos o *U.S. Soil Taxonomy*, o Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos adotado em 1999 e um sistema de classificação de abrangência internacional criado pela FAO (*Food and Agriculture Organization*) conhecido por WRB (*World Reference Base*).

Lepsch (2010) destaca que existem diversos sistemas de classificação de solo, sendo nacionais e internacionais, que se embasam em critérios pedogenéticos e regionais. Devido à ocorrência de determinados solos em maior ou menor escala, em certos países, torna-se necessária adoção de um sistema nacional próprio, uma vez que “sistemas de classificação são elaborados para preencher certas necessidades que variam em função do país e do tempo.” (LEPSCH, 2010, p.76).

2.3 SISTEMA BRASILEIRO DE CLASSIFICAÇÃO DE SOLOS

Conforme a EMBRAPA (2013), os primeiros esforços de desenvolver o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos ocorreram a partir da década de 70. Estas tentativas são conhecidas como aproximações sucessivas que procuravam delimitar um sistema hierárquico, multicategórico e aberto, abrangendo todos os solos existentes em território nacional, e em 1999 a primeira edição foi lançada.

De acordo com Ker (2012), no SiBCS as ordens são especificadas a partir da presença ou ausência dos horizontes diagnósticos, que são suscetíveis de serem reconhecidos no campo, expondo as características do tipo e o grau de desenvolvimento pedogenético.

Ainda segundo Ker (2012), o SiBCS foi desenvolvido para suportar seis níveis categóricos, sendo estruturado até o momento os quatro níveis mais elevados: Ordem, Subordem, Grande Grupo e Subgrupo. De acordo com a EMBRAPA (2013), o quinto nível categórico, a Família ainda está em discussão e deverá ser definido conforme atributos físicos, químicos e mineralógicos importantes para o uso e manejo do solo, e o sexto nível categórico, Série, será utilizado em levantamentos detalhados e ultra detalhados, mas ainda está em discussão no país.

Conforme a EMBRAPA (2013), o 1º nível categórico, a Ordem, tem como alicerce evidências deixadas no solo pelos processos pedogenéticos, os quais foram apontados como dominantes no desenvolvimento do solo. O primeiro nível contém 13 classes que “são separadas por propriedades ou características diferenciais, que refletem a presença ou ausência de horizontes diagnósticos e a atuação de processos de formação.” (KER, 2012, p.319).

O 2º nível categórico, a Subordem, contempla ainda a gênese do solo, expressando a atuação de outros processos de formação que influenciaram os processos dominantes. Revela

o grau de desenvolvimento das características genéticas, sendo que foram identificadas 44 classes neste nível categórico (SANTOS e ZARONI, 2017).

Segundo Ker (2012), o 3º nível de classificação, o Grande Grupo, destaca características como o tipo e arranjo dos horizontes, a atividade de argila, a presença de horizontes, propriedades que limitam o crescimento de raízes e mudam o movimento da água no solo e contém 198 classes identificadas até o presente momento.

Ainda conforme Ker (2012) o 4º nível de classificação, o Subgrupo, representa os solos intermediários entre as três primeiras classes, o conceito central da classe e pode apresentar características extraordinárias, engloba 878 classes identificadas.

De acordo com a EMBRAPA (2013), em fichas de descrição morfológicas, os nomes das classes do 1º e 2º níveis são escritos em caixa alta, o 3º nível somente a primeira letra em caixa alta e por último o 4º nível que é escrito em letras minúsculas, como exemplo temos: NITOSSOLOS VERMELHOS Eutroféricos típicos.

2.4 TECNOLOGIAS PARA O SOLO

Segundo Veraszto *et al.* (2008), a tecnologia foi criada a partir de novas demandas e solicitações da sociedade. O desenvolvimento da tecnologia se dá pelo homem modificando a natureza para executar uma variedade de tarefas.

A EMBRAPA SOLOS (2016) em parceria com a iniciativa privada, desenvolveu uma tecnologia para a análise dos solos, chamado de SpecSolo. Normalmente a análise dos parâmetros de física do solo e fertilidade demoram dias para serem apresentados, mas com o SpecSolo estes parâmetros são analisados em apenas 30 segundos. O *software* ainda conta com um sistema especialista que elabora uma sugestão para calagem e adubação.

A EMBRAPA SOLOS (2017) desenvolveu em parceria com outras instituições o SiBCTI (Sistema Brasileiro de Classificação de Terras para Irrigação), um sistema especialista web, com o objetivo de que terras que não tem predisposição para irrigação sejam introduzidos no processo produtivo.

A EMBRAPA SOLOS (2017) pretende trazer a classificação de solos para smartphones e tablets, a fim de que as pessoas possam ver informações sobre classificação de solos em tempo real, de acordo com entrada de dados. Esta aplicação será chamada de SMARTSolos, o qual deverá ter múltiplas interfaces para atender a vários tipos de usuários

como estudantes, agricultores, profissionais e pesquisadores, mostrando informações de forma útil e acessível. A construção do SMARTSolos começou em agosto de 2016, atualmente está sendo desenvolvida e deverá ficar pronta em 24 meses.

A seguir abordaremos aspectos sobre a engenharia de *software*, que é a aplicação do conhecimento da engenharia ao desenvolver um sistema computacional, expondo as necessidades e conhecimentos inerentes à construção de um *software*.

2.5 ENGENHARIA DE SOFTWARE

O desenvolvimento de um *software* envolve processos complexos. Desse modo a engenharia de *software* determina modelos para se construir um programa, práticas de gerência de projetos, as técnicas de desenvolvimento e manutenção, tendo por objetivo a organização, a produtividade e a qualidade (SOMMERVILLE, 2007).

De acordo com Pressman (2011), um *software* é um conjunto de códigos de computador que quando executadas fornecem funções, características e funcionamento esperado, possuindo estruturas de tratamento e manipulação de dados. Sommerville (2007) afirma que um *software* é um programa de computador com uma documentação relacionada, sendo o *software* para um mercado geral ou para um cliente em específico.

A complexidade de desenvolvimento de um *software* aumenta à medida que ele cresce, dessa maneira é necessário realizar um planejamento e elaboração de modelos para gerenciamento da complexidade, a difusão de informações entre as pessoas envolvidas na construção do *software*, reduzir a quantidade de erros inerentes ao projeto e prever o comportamento futuro do *software* (BEZERRA, 2002).

De acordo com Pressman (2011) a engenharia de *software* inclui um processo, os métodos para gerenciamento, as ferramentas e os critérios de desenvolvimento de *softwares* complexos dentro do prazo e com qualidade. Desse modo, podemos perceber que cada projeto possui diferentes modos de ser desenvolvido, sendo que “Não existe método ideal, e diferentes métodos possuem diferentes áreas onde são mais aplicáveis” (SOMMERVILLE, 2007, p.8).

Segundo Filho (2000), o sistema é produzido dentro de um processo o qual possui uma data de início e término. O processo deve conter subdivisões para avaliar o progresso e

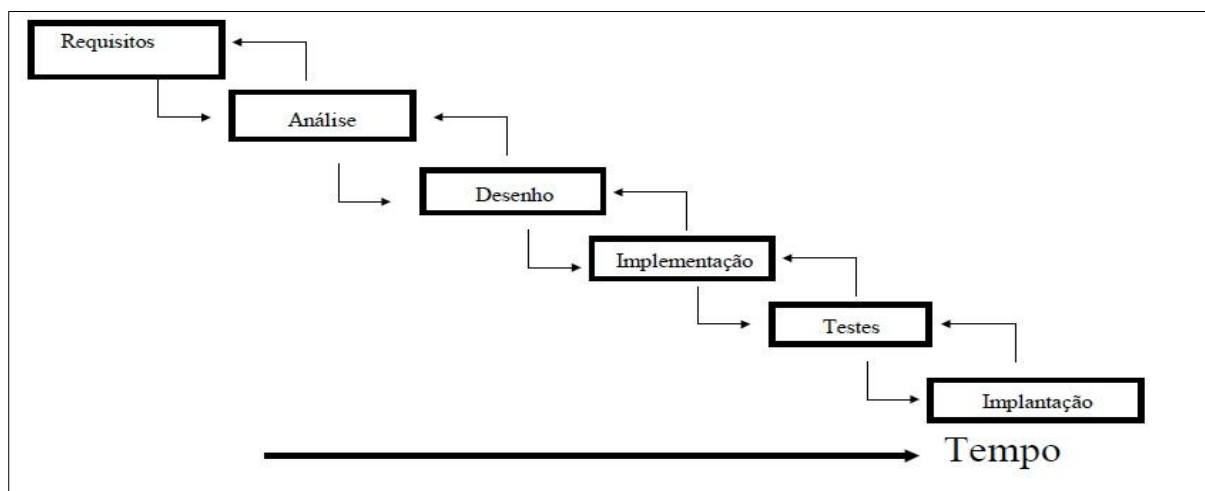
realizar correções quando ocorre um problema, sendo o resultado das subdivisões documentos, modelos ou partes do produto.

2.5.1 Processo de desenvolvimento de software

O guia PMBOK (2008 p.38), define um processo sendo “um conjunto de ações e atividades inter-relacionadas, que são executadas para alcançar um produto ou serviço predefinido”. Ainda de acordo com o autor cada processo é determinado por suas entradas, ferramentas, técnicas aplicadas e as saídas resultantes.

Segundo Pressman (2011), o processo de *software* é um agrupamento de atividades e ações, com a intenção de entregar um *software* dentro do cronograma e com a qualidade requerida. Sommerville (2007) estabelece que existe 4 atividades essenciais de processo, que são genéricos a todos os processos de *software*, sendo eles: especificação, desenvolvimento, validação e evolução. A figura abaixo mostra um exemplo de modelo de desenvolvimento.

Figura 2 - Exemplo de modelo de desenvolvimento



Fonte: Filho, 2000.

De acordo com Filho (2000), o valor de um produto depende de suas características. Um *software* tem suas características divididas em duas: requisitos funcionais e não funcionais. Os requisitos definem suas propriedades e a especificação das funcionalidades. Segundo Pressman (2011), o levantamento dos requisitos é necessário dentro de um projeto a fim de descobrir todos os envolvidos, conhecer os objetivos e as necessidades, documentando os requisitos para análise, comunicação, seguida pela implementação.

2.5.2 Levantamento de requisitos

De acordo com Sommerville (2007) os requisitos representam os serviços que o sistema deve disponibilizar e como se comportar em determinadas situações, que mostram as necessidades do cliente sobre um problema que precisa resolver. Desse modo tem-se o trabalho de descobrir, analisar e documentar de forma clara os requisitos, que são conhecidos por serem classificados em funcionais e não funcionais.

Conforme Sommerville (2007) os requisitos funcionais de um sistema são as declarações das funções que o *software* deverá realizar, como irá reagir aos tipos de entradas, os tipos de saídas, seu comportamento e suas exceções.

Ainda segundo o autor, os requisitos não funcionais estão relacionados ao uso da aplicação em termos de desempenho, confiabilidade, usabilidade, segurança e tecnologias envolvidas, e muitos destes requisitos se aplicam ao produto inteiro.

Como menciona Filho (2000) o levantamento de requisitos é parte essencial de qualquer projeto de *software*, independente do modelo adotado pela Engenharia de *Software*, e para a elicitação dos requisitos é empregado um conjunto de técnicas de forma a detalhar, documentar e validar as necessidades dos clientes.

Pressman (2011) afirma que o objetivo do levantamento de requisitos é identificar o problema do cliente para propor os fundamentos de uma solução e especificar os requisitos preliminares, sendo que as partes interessadas no *software* precisam colaborar entre si dando suas visões dos requisitos e até identificação dos mesmos.

Por não se utilizar uma técnica adequada, alguns problemas podem surgir durante o levantamento de requisitos, como uma possível falha do analista em não descrever corretamente os requisitos do sistema de forma clara, sem ambiguidades, consistente e concisa. Dentre os vários tipos de técnicas de levantamento de requisitos podem-se citar alguns: entrevista, questionário, etnografia, observação, reuso de requisitos e prototipação. Não existe um padrão para levantamento de requisitos, desse modo é necessário conhecer qual técnica se aplica a determinada situação (SOMMERVILLE, 2007).

De acordo com Sommerville (2007), tendo em mãos os requisitos, é necessário fazer a modelagem dos dados por meio de uma notação gráfica, de modo a apresentar uma visão do sistema, sendo o *Unified Modeling Language* (UML) uma linguagem padrão para documentar e descrever a estrutura do sistema, para posteriormente ser implementado pela equipe de desenvolvedores. A UML “é uma linguagem-padrão para descrever/documentar projeto de

software. A UML pode ser usada para visualizar, especificar, construir e documentar os artefatos do sistema de *software-intensivo*” (PRESSMAN, 2011, p.727).

2.5.3 UML

De acordo com Filho (2000), a UML foi proposta como uma notação de modelagem de dados orientada a objetos, independentemente de como será o processo de desenvolvimento. Segundo Pressman (2011), a UML oferece 13 diferentes diagramas para a modelagem de *software*, “Todos os modelos da podem ser usados para capturar os aspectos relevantes de um sistema maior ou dos processos de negócio” (FILHO, 2000, p.105).

A UML foi reconhecida e aceita como um padrão de notação para modelagem de múltiplas visões de sistemas pela OMG (*Object Management Group*) em 1997. A UML define um conjunto de diagramas e notações de acordo com as várias perspectivas do sistema a serem analisados e desenvolvidos. Os diagramas podem ser classificados em estruturais e comportamentais, dentre os vários diagramas podemos citar: casos de uso, classes, atividade e sequência (COSTA, 2001).

Com os diagramas prontos, o *software* deve ser construído dentro de um processo de desenvolvimento, mas existem vários modelos que foram propostos para organizar e padronizar a estrutura de desenvolvimento. Inicialmente os modelos de desenvolvimentos tradicionais prescreviam todo o conjunto de elementos do processo, mas engessavam todo o processo em um mundo onde o *software* está em constante mudança e evolução. Entre as metodologias tradicionais podemos citar o modelo cascata, incremental e espiral. Para sanar as fraquezas do desenvolvimento tradicional, o método ágil está sendo difundido por várias empresas para minimizar o risco de desenvolvimento, que utiliza períodos curtos de desenvolvimento chamados de interações, e ao final de cada interação é entregue um artefato de *software* funcional (PRESSMAN, 2011).

2.5.4 Desenvolvimento ágil

De acordo com Soares (2004), as metodologias ágeis que são uma alternativa para os modelos tradicionais, surgiram com a sugestão de aumentar o foco nas pessoas e não nos processos de desenvolvimento, se preocupando menos com a documentação e mais com resolução de problemas de forma iterativa.

Ainda segundo Soares (2004), em 2001 foi criado o manifesto ágil que contém conceitos chaves da metodologia ágil. Esses conceitos são: Indivíduos e interações ao invés de processos e ferramentas; *software* executável ao invés de documentação; colaboração com o cliente mais que negociação de contratos; responder a mudanças mais que seguir um plano. Dentre as metodologias ágeis podemos citar a SCRUM e o XP (*Extreme Programming*).

De acordo com Bissi (2007), o SCRUM é uma metodologia ágil e flexível. Seu objetivo é definir um processo iterativo e incremental que pode ser aplicado a qualquer produto, se adaptando constantemente às mudanças ocorridas no ambiente. Pressman (2011) enfatiza que o SCRUM é eficaz para projetos com prazos limitados, requisitos incertos e críticos do negócio.

Conforme Pressman (2011), os princípios do SCRUM são empregados para guiar as atividades de desenvolvimento dentro de um processo, que possui as seguintes atividades estruturais: requisitos, análise, projeto, evolução e entrega. As atividades são realizadas dentro de um *sprint* onde a quantidade de *sprints* depende do tamanho e complexidade do produto, gerando ao final de cada interação um artefato de *software*, independente do tipo de aplicação que se está sendo desenvolvida, seja *desktop*, *web* ou *mobile*.

2.6 APLICAÇÕES WEB

Tanenbaum (2003) descreve a internet como uma infraestrutura que interliga várias redes, que utiliza protocolos em comum e fornecem determinados serviços, enquanto que a *World Wide Web* (WWW) é um protocolo de documentos em hipermídia que suporta formatos de vídeos, sons, hipertextos e figuras.

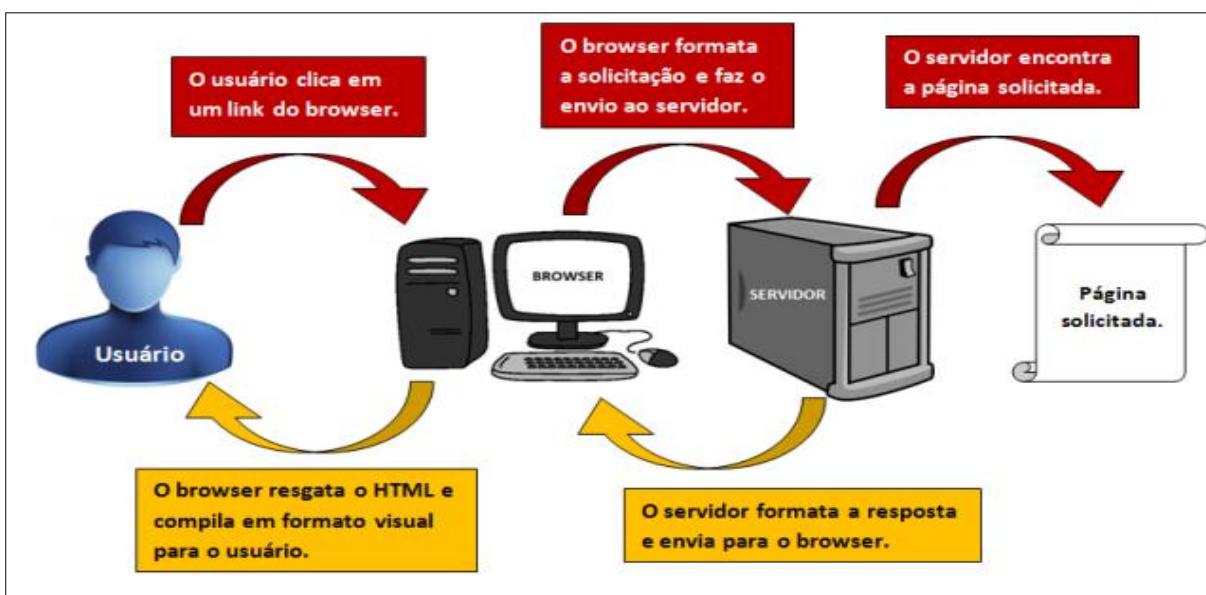
Segundo Pressman (2011), a aplicação *web* é um dos tipos de *softwares* dentre uma variedade de categorias, nas quais existem características em comum encontradas na maioria

dos *softwares web*, sendo eles: Uso intensivo da rede, desempenho, simultaneidade, carga não previsível, disponibilidade, imediatismo, segurança e estética.

No início as aplicações *web* eram simplesmente apresentação de informações sob a forma de arquivos de hipertextos, que eram informações estáticas e limitadas. Com o tempo, as aplicações *web* se tornaram mais dinâmicas e surgiram ferramentas de desenvolvimento (por exemplo, JAVA, PHP, Extensible Markup Language (XML), Cascading Style Sheets (CSS)), que deixaram as aplicações *web* com capacidades de oferecerem funções especializadas e integrarem ao banco de dados (PRESSMAN, 2011).

De acordo com Palmeira (2012), as aplicações *web* são sistemas que rodam em um ambiente distribuído e as partes se comunicam por meio de protocolo HTTP OU HTTPS. A aplicação *web* utiliza o paradigma cliente-servidor, onde o cliente realiza uma requisição via *browser* e o servidor devolve uma resposta, conforme visto na Figura 3.

Figura 3 - Requisição cliente - servidor



Fonte: Palmeira, 2012.

Segundo Tanenbaum (2003), a aplicação *web* fica armazenada em um servidor na nuvem, o cliente acessa a informação por meio de uma requisição (Request) via navegador, o servidor processa a informação e retorna uma resposta (Response), o qual o navegador irá interpretar e apresentar de modo visual para o cliente.

Uma aplicação deve ser simples de ser usada, por isso a heurística de usabilidade é usada como uma base para o desenho da interface para uma boa navegação, interação e experiência, sendo empregado para evitar erros comuns (FOURNIER, 2016).

2.7 BANCO DE DADOS

De acordo com Navathe e Elmasri (2011) um banco de dados é uma coleção de dados relacionados, sendo os dados elementos que podem ser armazenados e possuem significado subentendido. Mas essa definição é muito abrangente, então na computação um banco de dados é “projetado, construído e populado com dados para uma finalidade específica” (NAVATHE, ELMASRI, 2011, p.3), e tem grupo de usuários interessados no conteúdo.

O banco de dados relacional se baseou na teoria dos conjuntos e na álgebra relacional, sendo este modelo o mais flexível e apropriado para resolver os vários problemas da concepção e implementação de um banco de dados, organizando as informações em uma estrutura primordial em forma de tabela e cada instância do esquema é chamada de tupla (FERREIRA, ITALIANO, TAKAI, 2005).

2.7.1 Características de um banco de dados

Segundo Navathe e Elmasri (2011) um banco de dados faz referência ao mundo real que podemos chamar de minimundo ou universo de discurso, onde é armazenada uma coleção de dados com um sentido lógico e estruturado.

De acordo com Beighley (2008) um banco de dados relacional é formado por um conjunto de tabelas que contém linhas e colunas, a coluna são os dados separados em categorias e as linhas compreendem os valores inseridos na tabela, ou seja, as informações estão organizadas e separadas em tabelas.

Um sistema de gerenciamento de banco de dados (SGBD) é um conjunto de programas que permite a definição, criação, manipulação e compartilhamento de um banco de dados entre vários usuários e aplicações, normalmente um *software* acessa o banco de dados por meio de *query*, que são consultas ou solicitações ao SGBD utilizando a Linguagem de Consulta Estruturada ou Structured Query Language (SQL) (NAVATHE, ELMASRI, 2011).

O SQL é a linguagem padrão para SGBDs relacionais, o qual permite realizar consultas que são baseadas na álgebra relacional, que abrange instruções para definir os dados, consultas e atualizações, e por meio da SQL conseguimos delimitar a segurança, a integridade, autorizações para controle de transações (NAVATHE, ELMASRI, 2011).

2.8 TRABALHOS CORRELATOS

Dentro da pedologia existem muitos trabalhos relacionados à pura classificação de solos no Brasil, mas foi percebido que existem poucos trabalhos que desenvolvem novas tecnologias para a área de solos. Mas devido à crescente demanda, dentro do Instituto Federal de Minas Gerais – *Campus* São João Evangelista (IFMG-SJE) existem trabalhos relacionados à solos e a empresa EMBRAPA tem investido em novas tecnologias.

Oliveira, Lemos e Falcão (2016), apresentou o desenvolvimento de uma nova versão do SISGEAS (Sistema Gerenciador de Análises Solos) do laboratório de solos do IFMG-SJE. Foi desenvolvida uma plataforma *web*, para analisar amostras de solos apresentando relatórios com os resultados.

Araújo e Miranda (2017) desenvolveram um trabalho chamado SoloFértil, que é uma ferramenta que ajuda na recomendação de adubos, na sugestão da correção do solo e sugere a proposta de sucessão de culturas e as condições do solo a partir de uma análise do solo.

A EMBRAPA SOLOS (2017), está criando um aplicativo móvel para classificação de solos chamado SmartSolos, terá múltiplas visões para mostrar informações úteis para estudantes, agricultores, profissionais e pesquisadores. A EMBRAPA pretende reunir várias aplicações a serem desenvolvidos em uma única plataforma.

3 METODOLOGIA

A metodologia, segundo Marconi e Lakatos (2012), aborda questões relacionadas ao desenvolvimento do trabalho, tratando da natureza de pesquisa, os instrumentos, população e amostra, os métodos e procedimentos e o tratamento dos dados.

Neste capítulo expõe-se as ferramentas, amostras e procedimentos que foram utilizados para obter os resultados apresentados no trabalho. O capítulo está organizado da seguinte forma: Natureza da pesquisa, instrumentação, população e amostra, métodos e procedimentos e o tratamento dos dados.

3.1 NATUREZA DE PESQUISA

A natureza da pesquisa tem caráter descritivo e qualitativo. A descrição tem por finalidade descrever certa população, fenômeno ou estabelecimento de relações entre variáveis. O processo descritivo pode ser entendido como um estudo de caso onde, é realizada uma coleta de dados e em seguida uma análise das relações entre as variáveis para uma determinação dos resultados obtidos. O pesquisador não pode interferir na pesquisa, deverá encontrar a periodicidade com que acontece o fenômeno ou como se estrutura e funciona um sistema, processo, método ou realidade operacional (MARCONI e LAKATOS, 2012).

A pesquisa qualitativa tem por objetivo entender determinados comportamentos de um grupo de pesquisa, os recursos mais usados são entrevistas semiestruturadas em profundidade, observações em campo e dentre outras técnicas.

3.2 INSTRUMENTAÇÃO

Segundo Marconi e Lakatos (2012), a seleção do instrumental metodológico está relacionada com o tipo de problema a ser analisado, utilizando dois ou mais instrumentos de pesquisa, ou seja, todos os que forem necessários ou apropriados para determinado caso. Os instrumentos que foram utilizados são: entrevista e revisão da literatura.

As ferramentas para o desenvolvimento da aplicação foram o editor de códigos ATOM, o servidor VertrigoServ que foi utilizado para rodar a aplicação na máquina local e o programa Astah de modelagem de diagramas UML. Para criar o questionário, levou-se em conta as heurísticas de usabilidade. As heurísticas usam um conjunto de critérios para a análise, que inclui: diálogo simples, consistência, feedback, liberdade, controle do usuário, prevenção de erros, estética e design minimalista. O formulário foi criado no com a ferramenta Google Forms.

O pesquisador teve como base o livro Sistema Brasileiro de Classificação de Solos e a base de dados do site da EMBRAPA para consulta. O levantamento de requisitos foi realizado a partir de entrevistas desestruturadas com o professor Dr. José Roberto de Paula a fim de conhecer o processo de classificação de solos. Os dados foram coletados através da análise e do levantamento de requisitos para o desenvolvimento do *software*.

3.3 POPULAÇÃO E AMOSTRA

A população é composta por alunos e professores dos cursos da área de ciências agrárias do Instituto Federal de Minas Gerais, do *Campus* de São João Evangelista.

Para a amostra da pesquisa, participaram 13 alunos de graduação do IFMG-SJE dos cursos de Bacharelado em Agronomia e Bacharelado em Engenharia Florestal, de modo a analisar o *software*, sua usabilidade, qualidade e aplicação.

3.4 MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

Os métodos que foram utilizados para a elaboração e construção do sistema consistem na análise dos requisitos, modelagem dos dados, o desenvolvimento e realização de testes. Para o desenvolvimento do *software* foi utilizado uma adaptação da metodologia ágil SCRUM, adotando as práticas necessárias para gerenciar e controlar o processo de desenvolvimento. Separando o processo em pequenas partes, de modo a desenvolver primeiro as prioridades do sistema.

Na análise dos requisitos, foram realizadas reuniões e entrevistas desestruturadas com professor Dr. José Roberto, para compreender quais as necessidades precisavam ser satisfeitas e implementadas no *software*. Durante esta etapa, foi analisado o processo atual de Classificação de solos e a sua hierarquia de acordo com o livro Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Através das observações, foi possível perceber que havia muitos conceitos complexos no decorrer da classificação, por consequência, foi requerido acrescentar uma área para consulta dos atributos do solo.

Durante o processo de análise, foram identificados os requisitos funcionais do sistema a partir destas reuniões e entrevistas, que estão listadas a seguir:

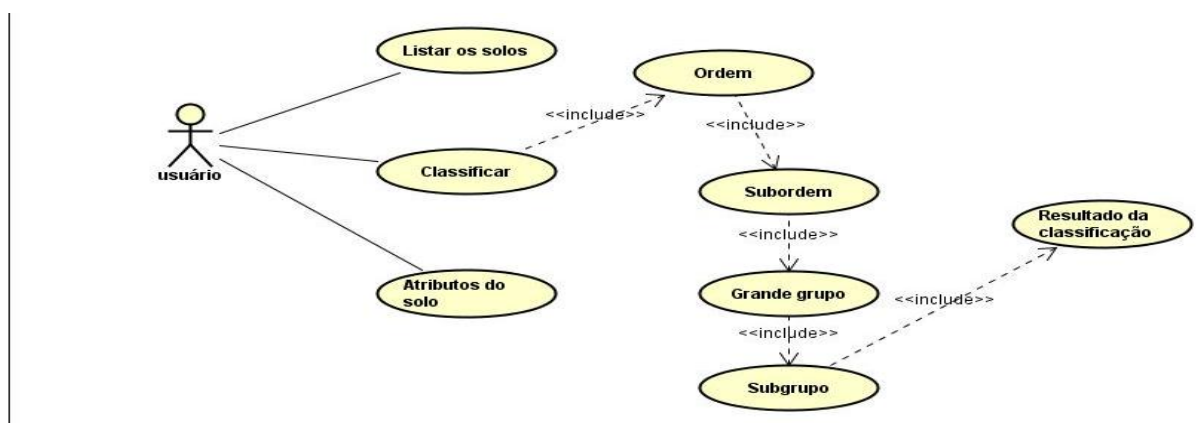
- RF1: Listar os 13 tipos de solos com suas respectivas ordem, subordens, grandes grupos e subgrupos;
- RF2: Classificar o solo;
 - RF2.1: Escolher a ordem;
 - RF2.2: Escolher a subordem;
 - RF2.3: Escolher o grande grupo;
 - RF2.4: Escolher o subgrupo;
 - RF2.5: Mostrar o resultado;
- RF3: Listar os atributos do solo para consulta;
- RF4: Apresentar imagens de solos em miniaturas que, ao serem clicadas, a imagem é apresentada em um tamanho maior.

A seguir são listados os requisitos não-funcionais:

- RNF1: Permitir o acesso sem precisar de login;
- RNF2: O sistema deve ser desenvolvido na plataforma *web*;
- RNF3: O sistema deve estar disponível em qualquer momento;

Posteriormente a elicitação e entendimento dos requisitos do *software* foi iniciada a fase de modelagem do sistema, que consiste na construção de diagramas. O diagrama de caso de uso descreve as funcionalidades do sistema e a interação das funcionalidades com o usuário (Figura 4). O diagrama de atividades especifica o comportamento do *software*, ilustrando graficamente o funcionamento, como serão executadas as atividades e a atuação do sistema (Figura 5).

Figura 4 - Caso de uso Tecnossolo



Fonte: Elaborado pelo autor.

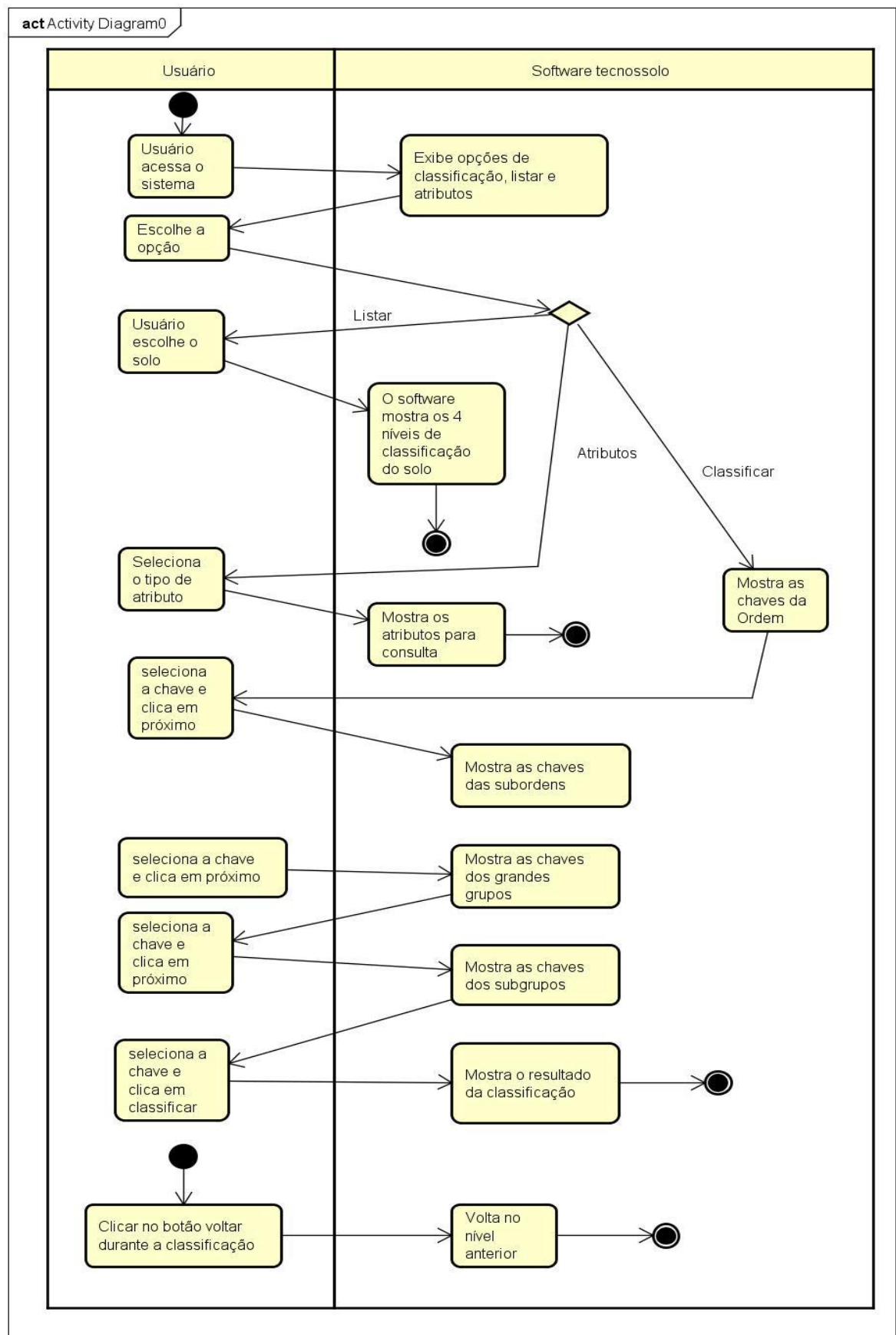
Para facilitar o entendimento foi criada uma descrição de caso de uso que compreende um cenário. Um cenário descreve os fluxos principais, alternativos, os atores envolvidos, as pré-condições para realização do cenário e a descrição geral. Conforme a Tabela 1, observamos o caso de uso do *software* Tecnossolo que foi desenvolvido.

Tabela 1 - descrição caso de uso

Caso de uso	Caso de uso Tecnossolo.
Descrição Geral	Caso de uso para classificação de solos.
Atores	Usuário.
Pré-condições	O usuário deve entrar no site Tecnossolo
Fluxo Básico	1. Usuário deseja classificar um solo. 2. Sistema mostra as ordens e o usuário seleciona uma ordem. 3. Sistema mostra as subordens e o usuário seleciona uma subordem. 4. Sistema mostra os grandes grupos e o usuário seleciona um grande grupo. 5. Sistema mostra os subgrupos e o usuário seleciona um subgrupo. 6. Sistema mostra o resultado da classificação.
Fluxos secundários	1. Usuário seleciona listar um solo e o sistema mostra o solo com sua ordem, subordens, grandes grupos e subgrupos. 2. Usuário seleciona os atributos do solo e o sistema lista todos.

Fonte: Elaborado pelo autor.

Figura 5 - Diagrama de atividade



Fonte: Elaborado pelo autor.

No início da fase de desenvolvimento do sistema foi feita sua organização em três diretórios, conforme seu propósito, com o intuito de modularizar e facilitar o desenvolvimento e manutenção do mesmo. No diretório “interface”, encontra-se os artefatos responsáveis pela interface do sistema para interação com o usuário, no diretório “Banco”, encontra-se toda a estrutura de comunicação e conexão com o banco de dados e por último o diretório “Imagens” com as respectivas fotos que o sistema utiliza.

O sistema é composto por uma camada frontend que compõe a interface do sistema e a camada de backend, que compreende a programação das funções em php e o banco de dados. Para projetar a interface foi escolhida a linguagem de marcação de texto HTML, e para estilização das páginas foi utilizado CSS juntamente com a *framework Bootstrap*. O *Bootstrap* fornece uma grande quantidade de estilizações para o projeto e facilidades no momento de desenhar a interface.

Na programação do backend, no servidor, foi utilizada a linguagem de programação PHP com a finalidade de implementar as funções do *software* e para a comunicação com o banco de dados. Para a elaboração do banco de dados, foi utilizado o phpMyAdmin para administrar o MySQL, criando, alterando e removendo tabelas e manipulando os dados.

Foram criadas no total 6 tabelas no banco de dados, de acordo com a análise dos requisitos. Para a classificação do solo, foram criadas as tabelas da ordem com 13 registros, subordem com 44 registros, grande grupo com 198 registros e subgrupo com 878 registros. Para consultar os atributos foram criadas as tabelas de atributos dos solos com 39 registros e outros atributos com 8 registros.

Foi utilizado um plugin em JQuery chamado Magnific Popup, para ser empregado nas fotos que o sistema usará. A imagem apresentada ao usuário, ao ser clicada, será exibida em um tamanho maior e para voltar ao tamanho normal, é necessário ser clicada novamente.

Após ser feito o desenvolvimento do software e as inserções dos dados no banco, a etapa de teste, a verificação foi iniciada para averiguar as funcionalidades, sendo apresentadas ao professor José Roberto de Paula. Ao se encontrar erros no sistema, foram realizadas as correções necessárias.

Após todo o desenvolvimento da aplicação *web*, foi realizada uma pesquisa qualitativa para ter o conhecimento da usabilidade. Foi desenvolvido um questionário com base nas heurísticas de usabilidade (Apêndice A).

3.5 TRATAMENTO DOS DADOS

Após a etapa de procedimentos, foi realizada a coleta dos dados, a partir da pesquisa de testes de usabilidade, tendo a participação dos envolvidos por meio de um questionário. O questionário foi elaborado pelo próprio autor tendo como base as heurísticas de usabilidade de Nielsen (1995).

Com as respostas dos questionários que foram aplicados, foram realizadas análises de maneira qualitativa, para verificar a aceitação do sistema com base na interação do usuário com o sistema e sua experiência, de acordo com as heurísticas de usabilidade.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

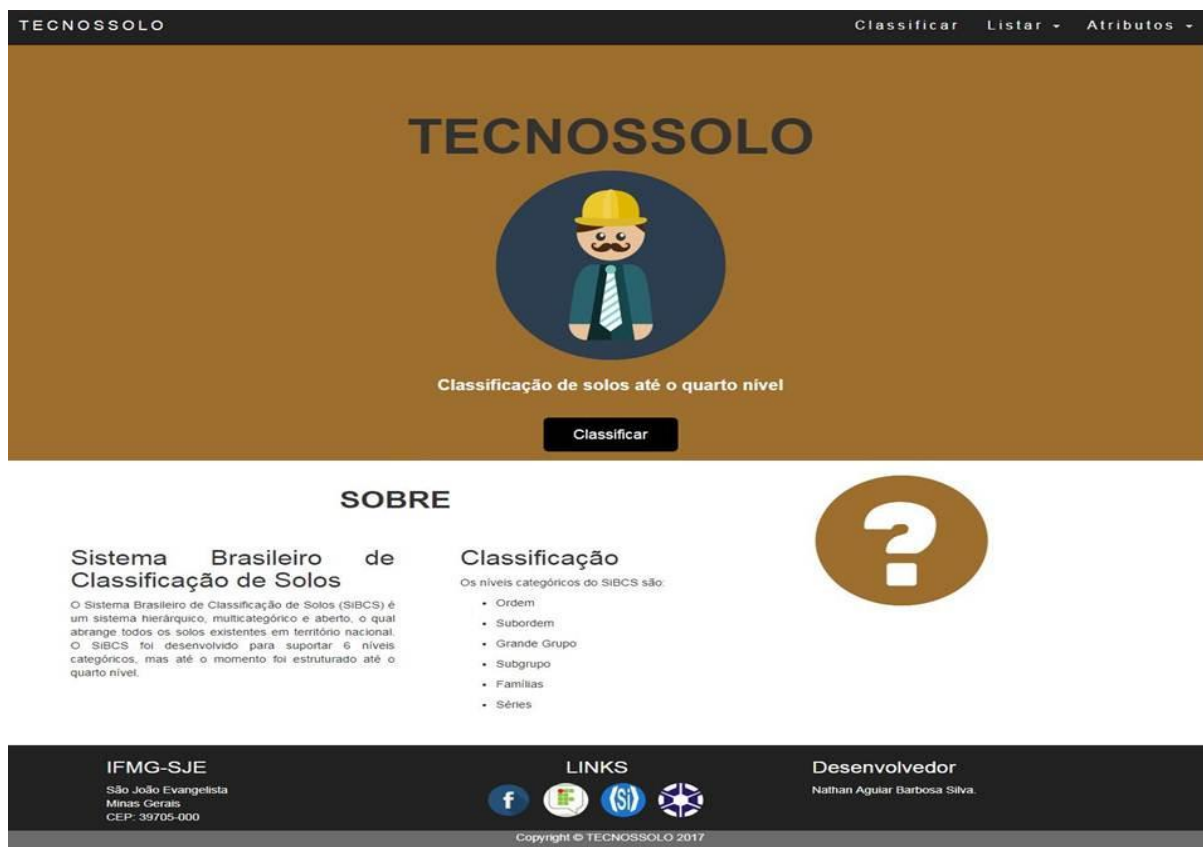
Neste capítulo são apresentados os resultados e discussões obtidos a partir das atividades e do uso dos métodos, ferramentas, instrumentos e dos procedimentos relatados nos capítulos anteriores.

A seguir é apresentado o software que foi proposto no início deste trabalho. Posteriormente são apresentados os resultados dos questionários por meio de gráficos.

4.1 VERSÃO DE TESTE DO SISTEMA

A tela inicial do sistema contém informações sobre sua proposta e sobre o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Na parte superior da página o usuário pode selecionar o que deseja fazer, são disponibilizadas as seguintes opções: “Classificar”, “Listar” e “Atributos” (Figura 6).

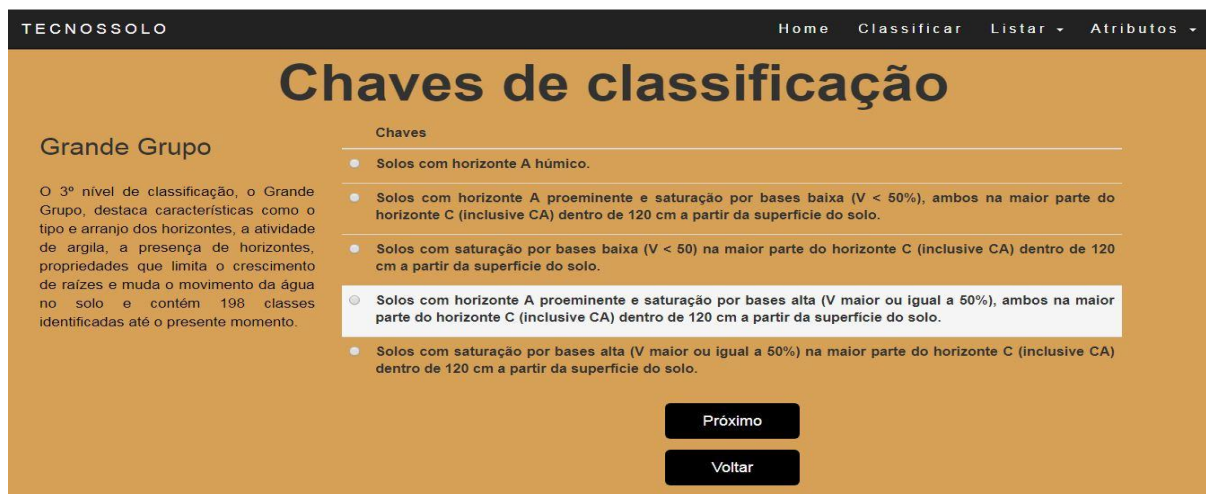
Figura 6 - Tela inicial



Fonte: Elaborado pelo autor.

A apresentação das páginas da classificação começa no nível da ordem até o subgrupo. Nas páginas de classificação, são escolhidas as chaves correspondentes aos tipos de solos, com suas características (Figura 7). Na lateral esquerda, uma breve descrição do nível em que se encontra a classificação. Durante uma classificação ele pode voltar um nível na classificação ou ir para o próximo nível de classificação.

Figura 7- Chaves de classificação



TECNOSSOLO Home Classificar Listar ▾ Atributos ▾

Chaves de classificação

Grande Grupo

O 3º nível de classificação, o Grande Grupo, destaca características como o tipo e arranjo dos horizontes, a atividade de argila, a presença de horizontes, propriedades que limita o crescimento de raízes e muda o movimento da água no solo e contém 198 classes identificadas até o presente momento.

Chaves

- Solos com horizonte A húmico.
- Solos com horizonte A proeminente e saturação por bases baixa ($V < 50\%$), ambos na maior parte do horizonte C (inclusive CA) dentro de 120 cm a partir da superfície do solo.
- Solos com saturação por bases baixa ($V < 50$) na maior parte do horizonte C (inclusive CA) dentro de 120 cm a partir da superfície do solo.
- Solos com horizonte A proeminente e saturação por bases alta (V maior ou igual a 50%), ambos na maior parte do horizonte C (inclusive CA) dentro de 120 cm a partir da superfície do solo.**
- Solos com saturação por bases alta (V maior ou igual a 50%) na maior parte do horizonte C (inclusive CA) dentro de 120 cm a partir da superfície do solo.

Próximo

Voltar

Fonte: Elaborado pelo autor.

Ao final da classificação é apresentado o nível de classificação, junto com o nome do solo e sua respectiva chave (Figura 8). Na lateral esquerda, é apresentada uma pequena descrição do Sistema Brasileiro de Classificação de Solos juntamente com uma pequena foto, que pode ser expandida na tela ao ser selecionada (Figura 9).

Figura 8 - Resultado da classificação



TECNOSSOLO Home Classificar Listar ▾ Atributos ▾

Resultado da classificação

Sistema Brasileiro de Classificação de Solos

Segundo Ker (2012), o SiBCS foi desenvolvido para suportar seis níveis categóricos, sendo estruturado até o momento os quatro níveis mais elevados: Ordem, Subordem, Grande Grupo e Subgrupo. De acordo com a EMBRAPA (2013), o quinto nível categórico, a Família ainda está em discussão e deverá ser definido conforme atributos físicos, químicos e mineralógicos importantes para o uso e manejo do solo, e o sexto nível categórico será utilizado em levantamentos detalhados e ultra detalhados, mas ainda está em discussão no país.

ORDEM

CHERNOSSOLOS

Solos constituídos por material mineral que apresentam horizonte A Chernozêmico seguido por: a) Horizonte B incipiente ou B textural, em todos os casos com argila de atividade alta e saturação por bases alta (exclusive Vertissolo); ou b) Horizonte Cálcico, petrocálcico ou caráter carbonático coincidindo com horizonte A chernozêmico e/ou com horizonte C, admitindo-se, entre os dois, horizonte Bi com espessura < 10 cm; ou c) Contato lítico desde que o horizonte A chernozêmico contenha 150 g/kg de solo ou mais de carbonato de cálcio equivalente.

SUBORDEM

CHERNOSSOLOS ARGILÚVICOS

Solos com B textural ou B incipiente com caráter argilúvico abaixo do horizonte A chernozêmico.

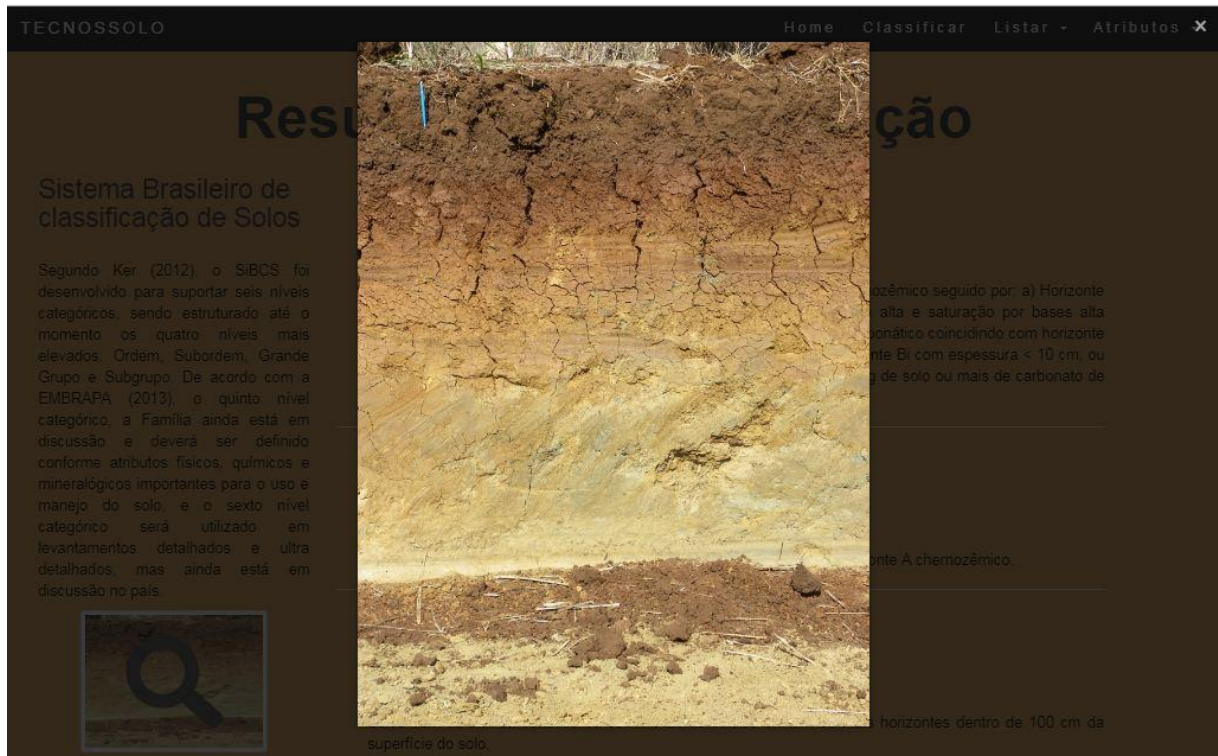
GRANDE GRUPO

CHERNOSSOLOS ARGILÚVICOS Carbonáticos

Solos com caráter carbonático ou com horizonte cálcico em um ou mais horizontes dentro de 100 cm da superfície do solo.

Fonte: Adaptado pelo autor.

Figura 9 - Foto ampliada



Fonte: Adaptado pelo autor.

A opção “Listar” apresenta o nome das classes dos solos. O conteúdo da página contém uma breve descrição do solo juntamente uma foto na parte esquerda que pode ser ampliada. Na parte direita, estão os níveis categóricos, ordem, subordem, grande grupo e subgrupo (Figura 10).

Figura 10 - Listar solos



Fonte: Adaptado pelo autor.

Na página de “Atributos”, mostrada na Figura 11, são encontrados dois tipos, “Atributos do solo” e “Outros atributos”. No primeiro, são encontrados 39 atributos sendo exibidos de forma paginada. E no “Outros atributos” são listados os atributos em uma única página.

Figura 11- Atributos do solo

Caráter alítico
Refere-se à condição em que o solo se encontra dessaturado e apresenta teor de alumínio extraível ≥ 4 cmolc kg⁻¹ de solo, associada a kg-1 de argila e saturação por alumínio $[(100 \text{ Al}^{3+}/(\text{S} + \text{Al}^{3+})) \geq 50 \%$ e/ou saturação por bases ($V \% = 100 \text{ S/T}$) $< 50 \%$. Para fins de distinção, é considerado o teor de alumínio extraível no horizonte B, no horizonte C (quando o solo não tem B) ou no horizonte A (quando o solo apresenta sequência A, R).

Caráter alumínico
Refere-se à condição em que o solo se encontra dessaturado e apresenta teor de alumínio extraível ≥ 4 cmolc kg⁻¹ de solo, associado à atividade de argila < 20 cmolc kg⁻¹ de argila, além de apresentar saturação por alumínio $[100 \text{ Al}^{3+}/(\text{S} + \text{Al}^{3+})) \geq 50 \%$ e/ou saturação por bases ($V \% = 100 \text{ S/T}$) $< 50 \%$. Para a distinção de solos mediante este critério, é considerado o teor de alumínio extraível no horizonte B ou no horizonte C (na ausência de B).

Caráter argilúvico
É usado para distinguir solos que têm concentração de argila no horizonte B, porém não é suficiente para identificar um horizonte B textural, B plânico ou B espódico. Este caráter é expresso por gradiente textural (B/A) igual ou maior que 1,4.

Caráter ácrico
Refere-se à soma de bases trocáveis (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{+} e Na^{+}) com alumínio extraível por KCl 1 mol L⁻¹ (Al^{3+}) em quantidade igual ou inferior a 1,5 cmolc kg⁻¹ de argila e que preencha pelo menos uma das seguintes condições: a) pHKCl 1 mol L⁻¹ igual ou superior a 5,0; ou b) ΔpH positivo ou nulo ($\Delta\text{pH} = \text{pHKCl} - \text{pH}_{\text{H}_2\text{O}}$).

Fonte: Adaptado pelo autor.

4.2 ANÁLISE DO QUESTIONÁRIO

O questionário teve como propósito verificar a usabilidade do sistema de acordo com alguns quesitos, sendo eles: os atributos relacionados às interfaces do sistema, a aprendizagem e utilização do sistema, o conteúdo e a satisfação com o sistema. O questionário aplicado teve um total de 10 questões, e foi utilizada uma escala linear em cada pergunta (Figura 12).

Figura 12- Escala linear

Aprendizagem e utilização do Sistema

5. Operação do sistema: *

1 2 3 4 5

Difícil ☐ ☐ ☐ ☐ ☒ Fácil

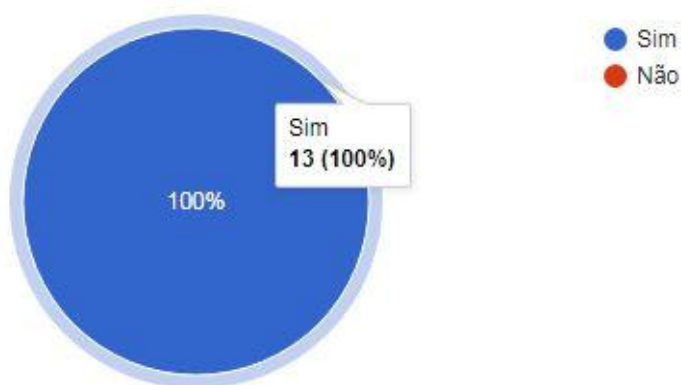
Fonte: Adaptado pelo autor.

Com o questionário, foram obtidas informações sobre a usabilidade do sistema, a viabilidade e relevância. Com base nas respostas do questionário é possível induzir que o *software* é simples de ser manuseado. O *software* foi passado para turmas dos cursos de Agronomia e Engenharia Florestal, juntamente com um questionário. O questionário contou com uma amostra de 13 participantes sendo todos alunos do IFMG-SJE. O gráfico exibido na Figura 13 exibe as respostas dos usuários à pergunta sobre facilidade de uso de internet e atividades relacionadas, com um total de 100%, é possível concluir que um sistema desenvolvido para este ambiente será natural aos usuários (Figura 13).

Figura 13 - Acesso à internet

Possui facilidade na utilização de computadores para acessar redes sociais, e-mail e atividades relacionadas:

13 respostas

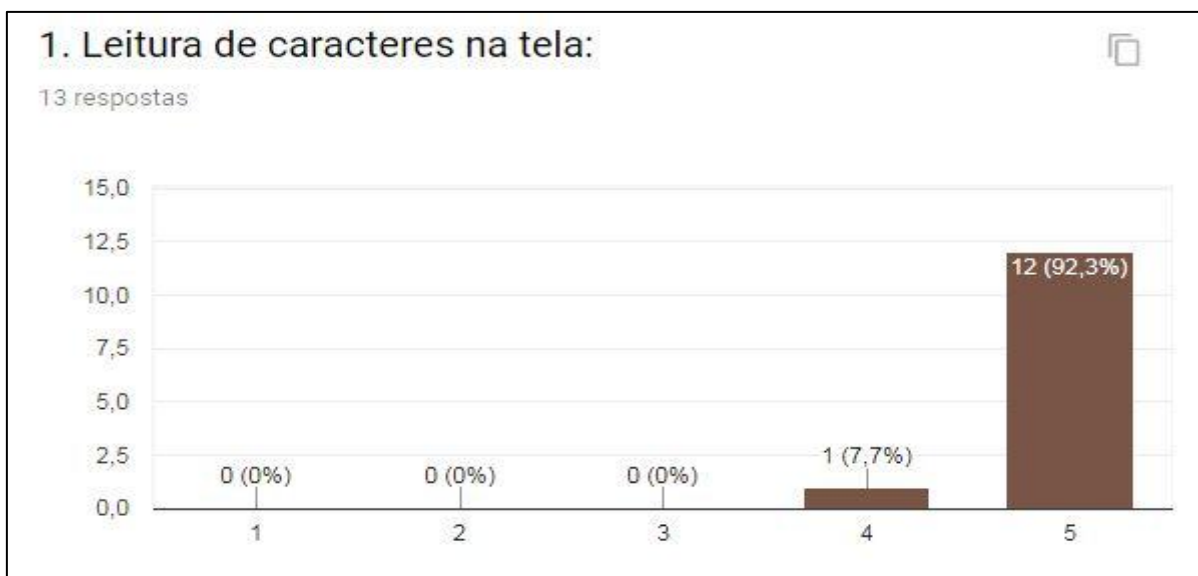


Fonte: Adaptado pelo autor.

Para avaliação das interfaces do sistema, foram disponibilizadas quatro perguntas. A primeira pergunta verifica se a leitura era fácil, a segunda se os objetos estavam mal distribuídos nas páginas, a terceira se a quantidade de informações era adequada ou eram insuficientes e a quarta se a ordem em que os objetos eram apresentados tinham uma relação com a realidade. Desse modo, identificando a facilidade em que as informações eram percebidas pelo usuário e se tinham algum desconforto percebido durante o uso (Figuras 14, 15, 16 e 17).

O sistema contém uma grande quantidade de conteúdo em texto. Uma das preocupações era a facilidade que o usuário tem durante a leitura. Com a análise das respostas no gráfico é possível perceber que a amostra teve facilidade na leitura (Figura 14).

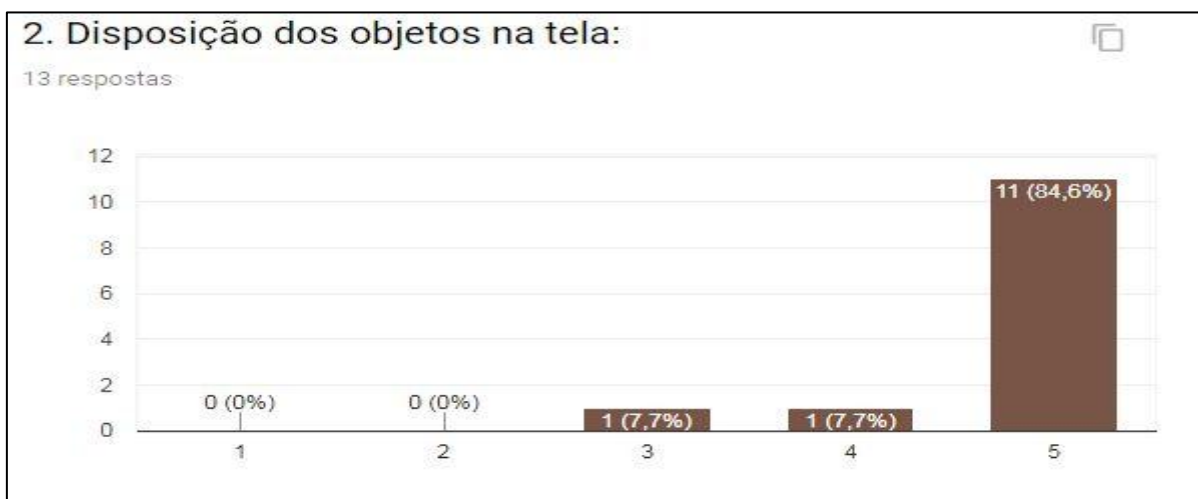
Figura 14- Facilidade na leitura dos caracteres



Fonte: Adaptado pelo autor.

Uma boa distribuição dos elementos na tela proporciona um reconhecimento dos objetos que estão sendo apresentados ao usuário, identificando rapidamente os itens desejados. A Figura 15 revela que a maioria dos membros da amostra concorda que os objetos estavam bem distribuídos na tela.

Figura 15 – Distribuição dos objetos na tela

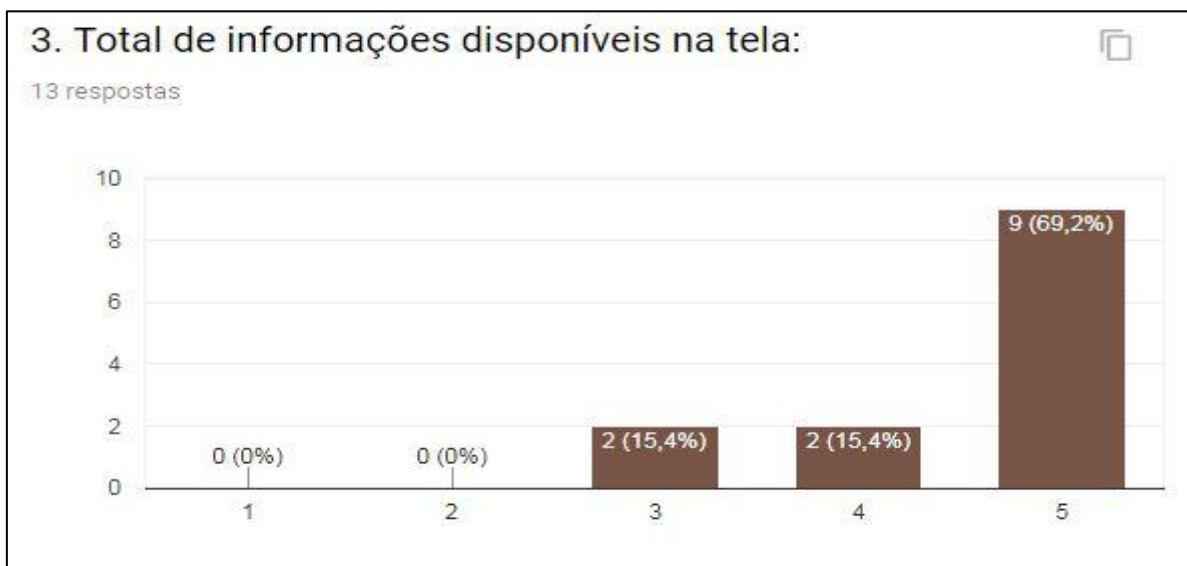


Fonte: Adaptado pelo autor.

A quantidade de informações devem ser o suficiente para não sobrecarregar o usuário, evitando que os textos expressem mais informações que o usuário necessite saber. Conforme as respostas exibidas no gráfico da Figura 16, a maior parte dos alunos considerou que a quantidade de informações era adequada ao contexto, porém ainda mostrou certo nível de

insatisfação, desse modo o sistema pode ser melhorado durante as próximas versões para melhorar esta necessidade.

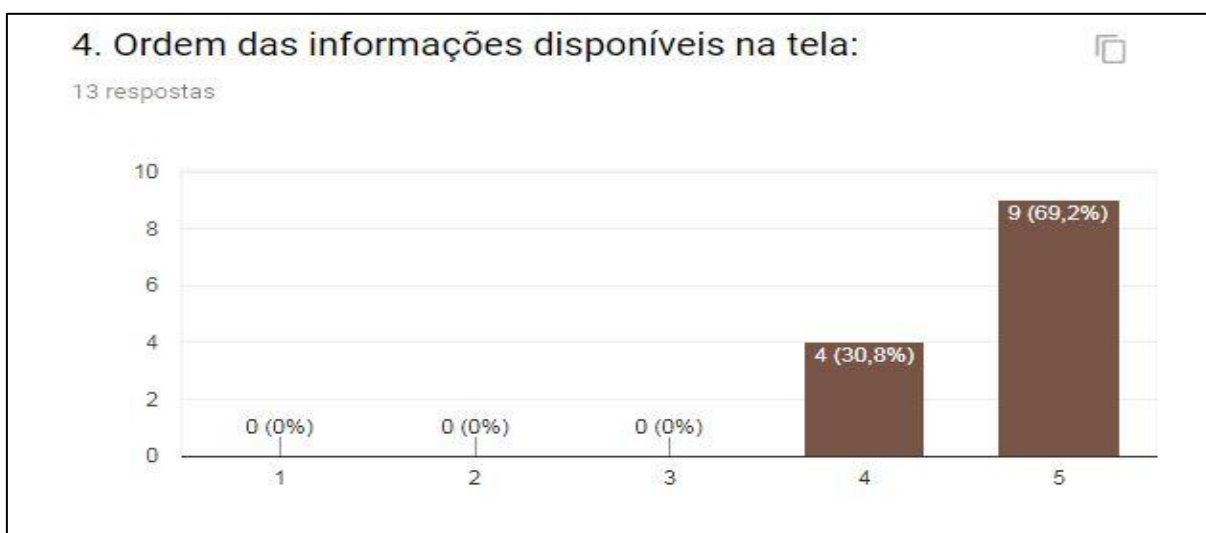
Figura 16- Quantidade de informações



Fonte: Adaptado pelo autor.

A organização das informações deve ser lógica e deve seguir uma padronização, pensando sempre na facilidade de entendimento do sistema. Conforme a Figura 17, os participantes do questionário julgaram que existe um sentido lógico na disposição das informações.

Figura 17- Ordem das informações



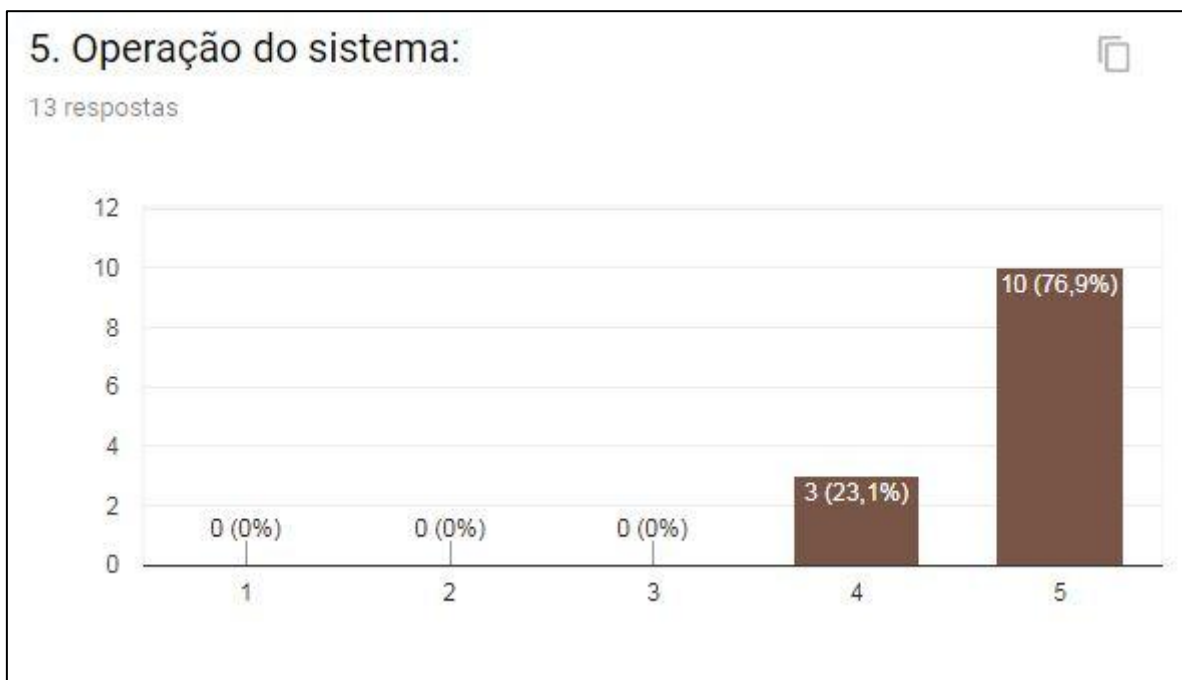
Fonte: Adaptado pelo autor.

Para avaliar a dificuldade de manuseio e medir a aprendizagem do *software*, foram utilizadas duas perguntas. As perguntas permitiram perceber as dificuldades que uma pessoa

teria ao entrar na aplicação *web* e utilizar seus recursos, reconhecendo a dificuldade que teria para navegar dentro do sistema (Figuras 18 e 19).

O sistema deve ser de fácil utilização, portanto as funcionalidades devem estar acessíveis e fáceis de serem usadas. O *software* deve ser descomplicado, deixando uma boa experiência para o usuário mais leigo até o mais avançado. Os alunos participantes do questionário consideraram que o sistema é de fácil utilização (Figura 18).

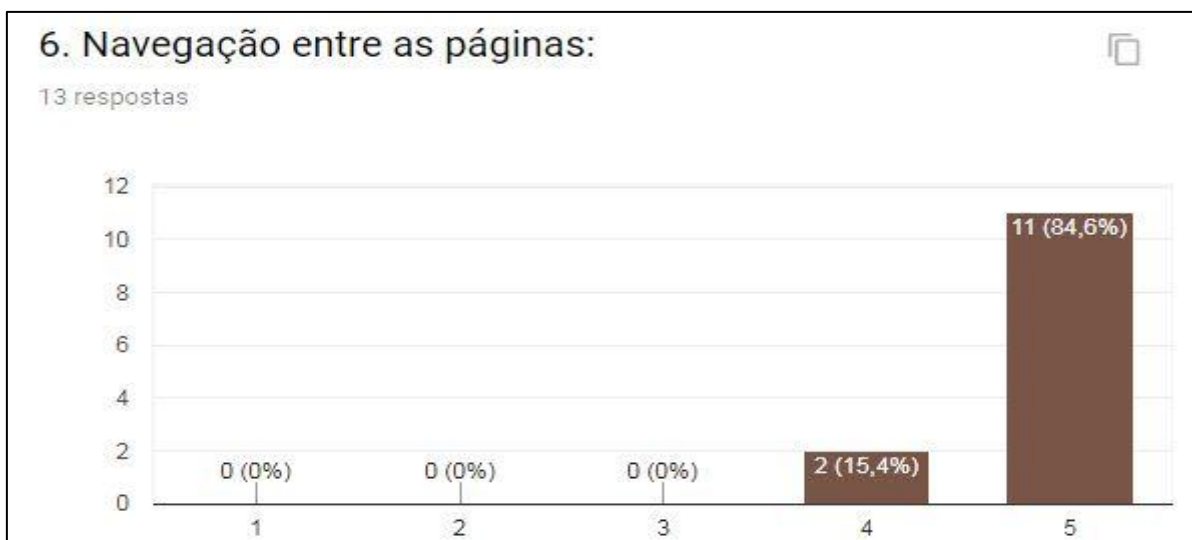
Figura 18- Facilidade de operar o sistema



Fonte: Adaptado pelo autor.

O usuário é quem controla a navegação dentro do sistema, nesta visão o usuário precisa ter a liberdade de fazer o que quiser dentro do sistema, seja abortar uma tarefa, retornar ao estado anterior, refazer a interação com exceção das regras que vão contra a regra de negócio ou que podem interferir no funcionamento do sistema. Conforme as respostas do gráfico exibido na Figura 19, os alunos assumiram que o sistema possibilita liberdade para navegar entre as páginas e suas funcionalidades.

Figura 19- Facilidade de navegação dentro do sistema

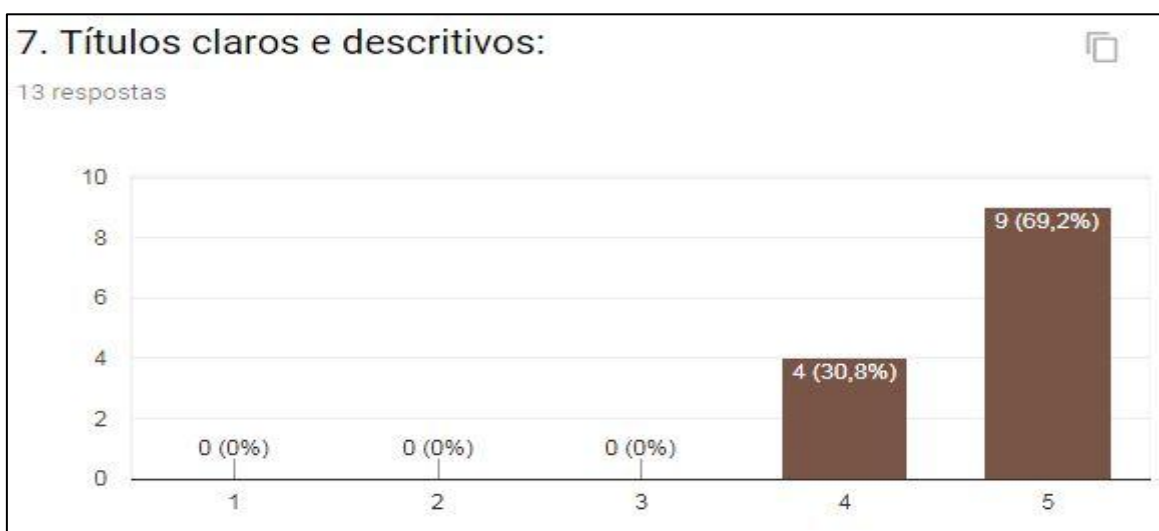


Fonte: Adaptado pelo autor.

Para verificar se o conteúdo disponibilizado foi coerente com o tema proposto, foram propostas três perguntas. Confirmando que os títulos eram facilmente identificados e se era adequado ao conteúdo da página, se o conteúdo do texto era confuso e se as cores utilizadas na página eram coerentes (Figuras 20, 21 e 22).

Os títulos precisam identificar claramente as informações que são contidas dentro do ambiente da página. Os títulos precisam manter um padrão, mantendo um padrão visual, informando o que está acontecendo no sistema. Grande parte dos alunos confirmou que os títulos foram adequados e claros (Figura 20).

Figura 20- Títulos adequados

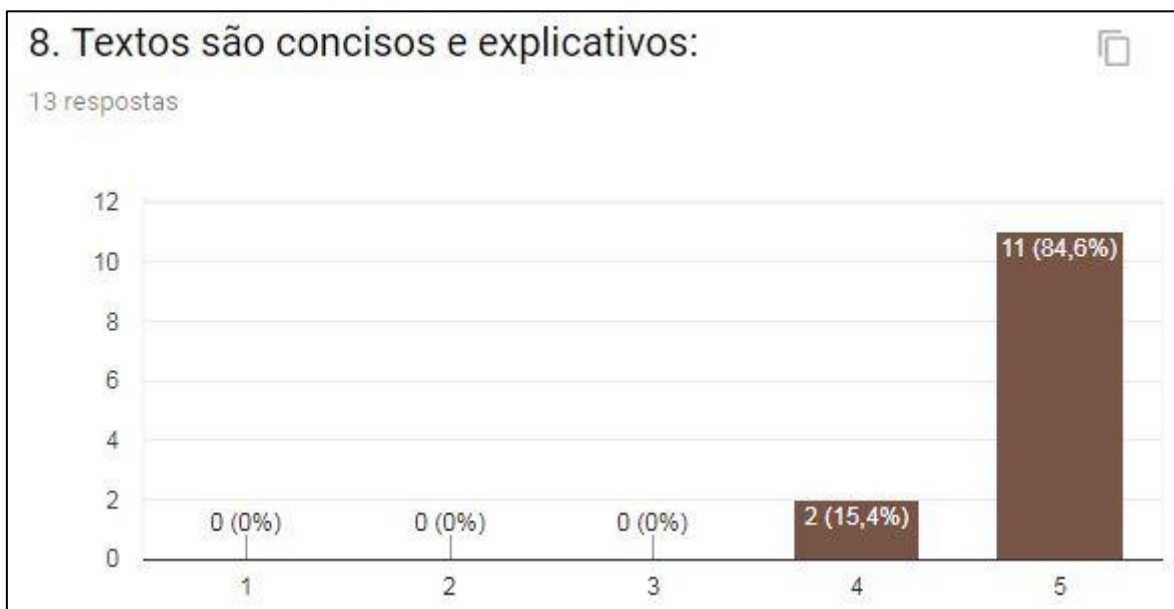


Fonte: Adaptado pelo autor.

Os textos precisam ser de fácil entendimento para o usuário, o sistema deve manter uma padronização nos termos utilizados, evitando conteúdo que seja de difícil compreensão.

O gráfico da Figura 22 demonstra que os textos utilizados foram claros e de fácil entendimento.

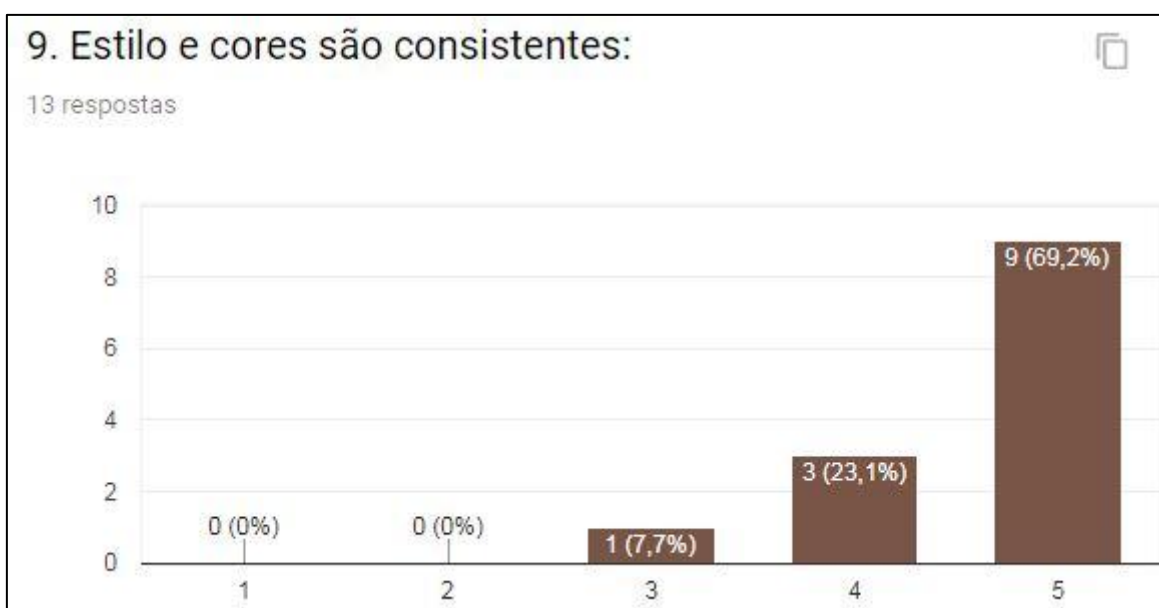
Figura 21- Textos claros



Fonte: Adaptado pelo autor.

O sistema tem que manter uma consistência na padronização das telas, mantendo um *layout* simples. Tratando os recursos similares da mesma maneira, facilitando a identificação do usuário. Conforme o gráfico da Figura 22, a maioria dos alunos concordaram que a aplicação mantinha um estilo e cores coerentes com o tema do trabalho.

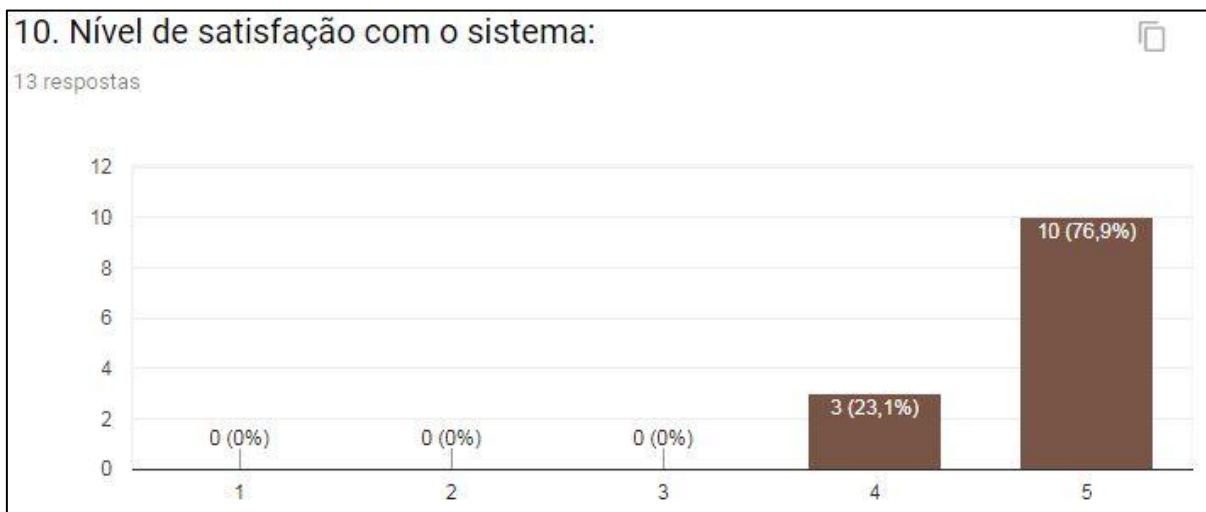
Figura 22- Harmonia do estilo e das cores



Fonte: Adaptado pelo autor.

A última pergunta foi para confirmar o nível de satisfação do uso do sistema. As respostas indicam que teve uma boa aceitação quanto ao uso do *software* pelos alunos, pois o nível de satisfação foi alto, conforme a Figura 23.

Figura 23- Satisfação com o sistema



5 CONCLUSÃO

Este trabalho teve como proposta o desenvolvimento de um software de apoio à classificação de solos que permita aos usuários uma experiência mais interativa. Devido à complexidade da tarefa de classificação dos solos foi necessário realizar entrevistas e análise da literatura como base para implementação da proposta.

Através das fases de desenvolvimento do sistema, foram realizadas as tarefas de elicitação e análise dos requisitos, desenho e implementação do *software* Tecnossolo. O sistema conta com uma base de conhecimento extensa e permite realizar a classificação dos solos segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos de maneira interativa e com riqueza de detalhes.

Com base nas respostas na pesquisa de avaliação de usabilidade do *software* é possível concluir que o sistema atende aos requisitos de usabilidade estabelecidos.

A classificação de solos ainda sofre alterações com o tempo, desse modo o banco de dados precisa ser periodicamente atualizado. O quinto e sexto níveis, famílias e séries, ainda não estão definidos no Brasil.

Como proposta de trabalho futuro, sugere-se adicionar ao *software* Tecnossolo, as famílias e séries, além de desenvolver uma versão *mobile* do sistema.

REFERÊNCIAS

ARAÚJO, Kênia Alves Pereira; MIRANDA, Rochele Edenís. **Desenvolvimento de um sistema web para recomendação de sucessão de cultura, correção de solo e acompanhamento de sua produtividade – SOLOFÉRTIL**. São João Evangelista, 2017.

BEIGHLEY, Lynn. **Use a cabeça: SQL**. Rio de Janeiro: Alta books, 2010.

BEZERRA, Eduardo. **Princípios de Análise e Projeto de Sistemas com UML**. Rio de Janeiro: Campus, 2002.

BISSI, Wilson. **SCRUM-Metodologia de desenvolvimento ágil**. **Campo Digital**, v. 2, n. 1, p. 03-06, 2007.

CAMPOS, Maria Luiza de Almeida; GOMES, Hagar Espanha. **TAXONOMIA E CLASSIFICAÇÃO: a categorização como princípio**. IN: VIII ENANCIB – Encontro Nacional de Pesquisa em Ciência da Informação, 2007, Salvador.

CONTE, Tayana; MENDES, Emília; TRAVASSOS, Guilherme Horta. **Processos de Desenvolvimento para Aplicações Web: Uma Revisão Sistemática**. 2017. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/228647730_Processos_de_Developimento_para_Aplicacoes_Web_Uma_Revisao_Sistemica>. Acesso em: 04 abr. 2017.

COSTA, Carlos Alberto. **A aplicação da linguagem de modelagem unificada (uml) para o suporte ao projeto de sistemas computacionais dentro de um modelo de referência**. **Revista Gestão e Produção**, Universidade Federal de São Carlos. v. 8, n. 1, p. 19-36, 2001.

EMBRAPA. **Sistema Brasileiro de Classificação de Solos**. 3. ed. Brasília: Embrapa, 2013.

EMBRAPA SOLOS. **Tecnologia inovadora analisa solos em apenas 30 segundos**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/17162564/tecnologia-inovadora-analisa-solos-em-apenas-30-segundos>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

EMBRAPA SOLOS. **SiBCTI – Sistema Brasileiro para Classificação de Terras para Irrigação**. 2017. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/solos/busca-de-solucoes-tecnologicas/-/produto-servico/1427/sibcti---sistema-brasileiro-de-classificacao-de-terras-para-irrigacao>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

EMBRAPA SOLOS. **Classificação de solos vai chegar a dispositivos móveis**. 2016. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/web/portal/busca-de-noticias/-/noticia/13178160/classificacao-de-solos-vai-chegar-a-dispositivos-moveis>>. Acesso em: 02 ago. 2017.

FERREIRA, João Eduardo; ITALIANO, Isabel Cristina; TAKAI, Osvaldo Kotaro. **INTRODUÇÃO A BANCO DE DADOS**. São Paulo: DCC-IME-USP, 2005.

FILHO, Wilson de Pádua Paula. **Engenharia de Software: fundamentos, métodos e padrões**. Rio de Janeiro: Editora LTC, 2000.

FOURNIER, Diana. **Heurísticas de Nielsen – Avaliando a usabilidade de interfaces**. 2016. Disponível em: < <https://medium.com/vivareal-ux-chapter/heur%C3%ADsticas-de-nielsen-avaliando-a-usabilidade-de-interfaces-e96f9801cd5>>. Acesso em: 20 nov. 2017.

GIL, Antonio Carlos. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 6. ed. São Paulo: Atlas, 2008.

KER, João Carlos *et al.* **Pedologia**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2012.

LEPSCH, Igo F. **Formação e conservação dos solos**. 2. ed. São Paulo: Oficina de textos, 2010.

MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos de metodologia científica**. 8. ed. São Paulo: Atlas, 2012.

NAVATHE, Shankant B.; ELMASRI, Ramez. **Sistemas de banco de dados**. 6. ed. São Paulo: Pearson, 2011.

NIELSEN, Jakob. **10 Usability Heuristics for User Interface Design**. 1995. Disponível em: <<https://www.nngroup.com/articles/ten-usability-heuristics/>>. Acesso em: 10 de nov. 2017.

OLIVEIRA, Douglas Nunes; LEMOS, Karina Dutra de Carvalho; FALCÃO, Fabiano Alves. **Adaptações do SISGEAS - sistema de gerenciamento de análise de solos do Instituto Federal de Minas Gerais – Campus São João Evangelista**. São João Evangelista, 2016.

PALMEIRA, Thiago Vinícius Varallo. **Como funcionam as aplicações web**. Disponível em: <<http://www.devmedia.com.br/como-funcionam-as-aplicacoes-web/25888>>. Acesso em: 21 de jun. 2017.

PMBOK. **Project Management Body of Knowledge**. 4. ed. Pennsylvania: Project Management Institute, 2008.

PRESSMAN, Roger S. **Engenharia de Software: uma abordagem profissional**. 7. ed. McGraw Hill, 2011.

REICHARDT, Klaus; TIMM, Luís Carlos. **Solo, planta e atmosfera: Conceitos, processos e aplicações**. 2. ed. Barueri: Manoele, 2012.

RESENDE, Mauro *et al.* **Pedologia: Base para distinção de ambientes**. 4. ed. Viçosa: NEPUT, 2002.

SANTOS, Raphael David dos *et al.* **Manual de descrição e coleta no campo**. 6. ed. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2005.

SANTOS, Humberto Gonçalves dos; ZARONI, Maria José. **Chave do SiBCS**. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/solos_tropicais/arvore/CONTAG01_6_2212200611537.html>. Acesso em: 01 de abr. 2017.

SOARES, Michel dos Santos. Comparação entre metodologias Ágeis e tradicionais para o desenvolvimento de software. **INFOCOMP Journal of Computer Science**. v. 3, n. 2, p. 8 – 13, nov. 2004.

SOMMERVILLE, Ian. **Engenharia de software**. 8. ed. São Paulo: Pearson, 2007.

TANENBAUM, Andrew S. **Redes de computadores**. 4. ed. Rio de Janeiro: Editora Campus, 2003.

VERASZTO, Estéfano Vizconde *et al.* **Tecnologia:** Buscando uma definição para o conceito. **PRISMA.COM**. n.7, p. 60 – 85, 2008.

