

**UNIVERSIDADE FEDERAL DA GRANDE DOURADOS
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE LIQUIDEZ,
PLASTICIDADE E ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA DO SOLO**

**KELVIM CRISTAN SANTOS SAVIO
VINICIUS ARGEMON PEREIRA BENITES**

**DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017**

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA
DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DE LIQUIDEZ, PLASTICIDADE E
ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA DO SOLO**

**KELVIM CRISTIAN SANTOS SÁVIO
VINICIUS ARGEMON PEREIRA BENITES**
Graduandos em Engenharia Agrícola

Orientador: Prof. Me. ELTON APARECIDO SIQUEIRA MARTINS

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à
Universidade Federal da Grande Dourados, como
parte das exigências para conclusão do curso de
Engenharia Agrícola.

DOURADOS
MATO GROSSO DO SUL
2017

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP).

S267d Savio, Kelvim Cristian Santos

Desenvolvimento de aplicativo móvel para determinação dos limites de liquidez, plasticidade e índices de consistência do solo / Kelvim Cristian Santos Savio, Vinicius Argemon Pereira Benites -- Dourados: UFGD, 2017.

27f. : il. ; 30 cm.

Orientador: Elton Aparecido Siqueira Martins

TCC (Graduação em Engenharia Agrícola) -Faculdade de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Grande Dourados.

Inclui bibliografia

1. Mecânica dos solos. 2. Umidade. 3. App inventor 2. I Vinicius Argemon Pereira Benites II. Título.

Ficha catalográfica elaborada automaticamente de acordo com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

©Direitos reservados. Permitido a reprodução parcial desde que citada a fonte.

**DESENVOLVIMENTO DE APLICATIVO MÓVEL PARA DETERMINAÇÃO DOS
LIMITES DE LIQUIDEZ, PLASTICIDADE E ÍNDICES DE CONSISTÊNCIA DO
SOLO**

Por

Kelvim Cristian Santos Sávio
Vinicius Argemon Pereira Benites

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como parte dos requisitos exigidos para
obtenção do título de ENGENHEIRO AGRÍCOLA

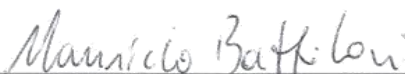
Aprovado em: 22 de março de 2017.



Prof. Me. Elton Aparecido Siqueira Martins
Orientador – UFGD/FCA



Prof. Dr. Rodrigo Couto Santos
Membro da Banca – UFGD/FCA



Eng. Agrícola Mauricio Battilani
Membro da Banca – UFGD/PPEA

AGRADECIMENTOS

Agradecemos primeiramente a Deus, indutor de força e fé em todos os momentos.

Aos nossos Pais, Waldir e Juçara, Hélio e Cleudete pelo apoio dado em todo caminho traçado até aqui.

Agradecemos a Universidade Federal da Grande Dourados pelo suporte prestado.

Agradecemos ao nosso Professor Elton Aparecido Siqueira Martins por nos orientar no presente trabalho com apoio, comprometimento e suporte incondicional dado a nós.

A todos nossos amigos de curso, em especial Lucas Mingotti, Vinicius Duarte e Allan Henrique Pereira, incentivando a concluir esta pesquisa.

A todos os professores que contribuíram para nossa formação técnica, científica e moral.

SUMÁRIO

| | Página |
|---|--------|
| LISTA DE FIGURAS | v |
| RESUMO | vi |
| 1. INTRODUÇÃO..... | 1 |
| 2. REVISÃO DE LITERATURA | 4 |
| 2.1. Consistência do solo | 4 |
| 2.1.2. Importância da consistência do solo | 4 |
| 2.2. Limites de consistência..... | 5 |
| 2.3. Limite de Liquidez e métodos de determinação | 7 |
| 2.3.1. Método de Casagrande | 7 |
| 2.3.2. Método do Cone Penetrômetro | 8 |
| 2.4. Limite de plasticidade e método de determinação..... | 8 |
| 2.5 Outros índices | 9 |
| 2.5.1. Índice de plasticidade | 9 |
| 2.5.2. Índice de Liquidez | 10 |
| 2.5.3. Índice de consistência | 10 |
| 2.6. App Inventor 2 | 10 |
| 3. MATERIAL E MÉTODOS..... | 13 |
| 3.1. Exibição dos roteiros para execução dos ensaios de LL e LP | 14 |
| 3.2. Cálculo do Limite de Liquidez (LL)..... | 14 |
| 3.3. Cálculo do Limite de Plasticidade (LP)..... | 16 |
| 3.4. Outros índices de consistência | 17 |
| 3.4.1 Cálculo do Índice de Plasticidade (IP)..... | 17 |
| 3.4.2. Cálculo do Índice de Consistência (IC)..... | 18 |
| 3.4.3. Cálculo de Índice de Liquidez (IL)..... | 18 |
| 3.5 Informações do botão “Sobre” | 18 |
| 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO | 19 |
| 5. CONCLUSÕES | 24 |
| 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS | 25 |

LISTA DE FIGURAS

| | Página |
|--|--------|
| Figura 1. Representação esquemática das passagens dos estados de consistência do solo. | 6 |
| Figura 2. Aparelho Casagrande preparado com solo para execução do ensaio..... | 8 |
| Figura 3. Placa de vidro esmerilhada e gabarito para realização do ensaio do Limite de Plasticidade..... | 9 |
| Figura 4. Plataforma, on-line, de desenvolvimento de Designer do App Inventor 2. | 12 |
| Figura 5. Plataforma, on-line, programação em blocos do App Inventor 2. | 12 |
| Figura 6. Projeto da tela inicial do aplicativo S.A. Solos..... | 13 |
| Figura 7. Tela inicial de direcionamento para as demais telas do aplicativo S.A.solos. | 19 |
| Figura 8. Telas que descrevem o procedimento de laboratório para determinação do Limite de Liquidez (A) e do Limite de Plasticidade (B)..... | 20 |
| Figura 9. Telas para realizar o cálculo do Limite de Liquidez (A) e do Limite de Plasticidade (B)..... | 20 |
| Figura 10. Mensagem de erro devido a inconsistências dos dados para o cálculo da umidade (A) e mensagem de erro referente ao Número de Golpes do ensaio do Limite de Liquidez (B). | 21 |
| Figura 12. Tela para realizar o cálculo dos índices de plasticidade, de liquidez e de consistência..... | 22 |
| Figura 13. Tela para exibição de informações do aplicativo S.A. Solos (A), tutorial ilustrado a funcionalidade de cada tela (B). | 23 |

SÁVIO, Kelvim Cristian Santos; BENITES, Vinicius Argemon Pereira. **Desenvolvimento de aplicativo móvel para determinação dos Limites de Liquidez, Plasticidade e Índices de Consistência dos solos**. 2017. 27p. Monografia (Graduação em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Grande Dourados, Dourados – MS.

RESUMO

Os solos podem apresentar diferentes tipos de consistência dependendo da da umidade do mesmo. Em função da umidade o solo pode apresentar uma consistência denominada sólida, semi-sólida, plástica ou líquida. Os valores de umidade que separam um estado de consistência do outros são chamados de limites de consistência, sendo eles: Limite de Contração, Plasticidade e Liquidez. Com o mercado da tecnologia em ascensão, uma das tecnologias que vem se destacando são os smartphones, que disponibilizam varias utilidades, entre elas, os aplicativos móveis que facilitam a realização de diversas atividades do dia a dia. O objetivo deste trabalho foi desenvolver um aplicativo móvel, para smartphones que utilizam sistema operacional Android, para calcular os Limites de Liquidez e Plasticidade, além dos Índices de Consistência, Liquidez e Plasticidade. O Aplicativo “S.A. Solos” foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira a elaboração das telas, fazendo uso das ferramentas da plataforma *App Inventor 2*, e a segunda foi o desenvolvimento dos algoritmos com as rotinas para a execução das tarefas de cada tela. O aplicativo foi disponibilizado para alguns usuários realizarem testes e apontarem erros de execução para aperfeiçoar o aplicativo. O aplicativo mostrou-se eficiente, prático e de fácil manuseio, podendo ser usado como ferramenta de ensino e trabalho.

Palavras-chave: Umidade. Mecânica dos Solos. *App inventor 2*.

1. INTRODUÇÃO

A Associação Brasileira de Normas Técnicas - NBR 6502:1995 define como solo o material proveniente da decomposição da rocha, um processo de formação lento e contínuo que depende de agentes físicos e químicos, constituindo-se basicamente de matéria orgânica, matéria mineral, umidade e vazios. O solo serve de suporte não só para produção agrícola, mas também, para a construção e outras diferentes finalidades. Dados do IBGE (2016) indicaram que o Brasil utiliza aproximadamente 71 milhões de hectare (ha) para a produção agrícola.

Para fins da Engenharia Agrícola o solo é a camada na qual se desenvolve vida vegetal e animal, sob o ponto de vista da mecânica dos solos, solo é um corpo passível de ser escavado, compactado ou moldado, sendo utilizadas dessa forma para tráfego de máquinas agrícolas (SOUZA *et al.*, 2000), construções rurais ou como matéria prima para outras atividades.

CAPUTO (1994) define a plasticidade como uma característica do solo, que nada mais é do que a maior e/ou menor capacidade de ser moldado, sob diferentes condições de umidade, sem variar seu volume. Para se entender como um solo se comporta, alguns atributos físicos merecem destaque, dentre eles a granulometria, densidade de partículas, densidade do solo, porosidade, retenção de água, estrutura e a consistência (MOTA *et al.*, 2008), esse conjunto de fatores influencia diretamente qualquer atividade.

Compreender a consistência de um solo se torna suma importância, pois é uma propriedade que retrata as forças de coesão e de aderência em diferentes graus de umidade, determinando seu comportamento ante tensões e deformações (LEMOS, 1996). O grau de consistência do solo influencia sobre o regime de água no mesmo, afetando a condutividade hidráulica, além do mais, é determinante na resistência do solo à penetração e na compactação, e seu conhecimento possibilita a determinação do momento adequado do uso de técnicas que favoreçam um bom manejo do solo (SOUZA *et al.*, 2000).

Sabendo da importância da consistência do solo, Albert Atterberg um cientista sueco, criou alguns limites para a consistência do solo. Definido assim os limites de liquidez, plasticidade e contração que são expressos em função da quantidade de água no solo, limites estes capazes de avaliar o comportamento do solo. Com esse conceito de limite de consistência, Arthur Casagrande padronizou alguns ensaios efetuados por Atterberg criando assim um aparelho capaz de determinar o limite de liquidez de um solo (SOUZA *et al.*, 2000). Para determinar os limites de consistência, a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) estabelece os parâmetros para elaboração do ensaio, tal como a NBR 6459: 2016 que

especifica a metodologia do ensaio para determinação do limite de liquidez do solo, a NBR 7180: 2016 que descreve a metodologia para determinar o limite de plasticidades e a NBR 7183: 2016 para limite de contração.

Visto a importância da determinação de alguns índices de consistência, em especial do limite de liquidez e limite de plasticidade, para auxiliar os profissionais que necessitem determinar esses índices é de suma importância o desenvolvimento de aplicativos computacionais que os auxiliem e dê celeridade aos cálculos desses índices. Nos últimos anos com a popularização dos smartphones tornou-se muito comum o uso de aplicativos móveis para realizar o processamento de dados de diferentes atividades, com isso o desenvolvimento de um aplicativo para dispositivos móveis para determinação dos principais índices de consistência é muito útil para acadêmicos, técnicos de laboratório e demais profissionais que necessitem determinar esses índices.

Com uma breve busca no “Google Play” a respeito de *Apps* voltados para a Engenharia e Agricultura, como por exemplo, Fox – Bayer, o qual é utilizado para identificação de pragas/doenças e recomendação de fungicidas; Gerdau Cálculo de Cercas, utilizado para calcular a quantidade de material para construção de cercas; Yara CheckIT é uma plataforma com fotografias das culturas para permitir uma identificação simples e rápida de possíveis deficiências nutricionais (RIQUENA & NEGRETI, 2015), MSCalc 14, aplicativo usado para dimensionamento de pilares, vigas, lajes e fundações, apresentam os resultados de forma gráfica, com o passo a passo de todo dimensionamento realizado pelo sistema. Todos estes auxiliam e facilitam o dia a dia do usuário na sua tomada de decisão.

Uma proposta de inovação em programação voltada para a criação de aplicativos em smartphones, criado pela parceria entre Google e Massachusetts Institute of Technology (MIT), desenvolveu uma plataforma chamada *App Inventor 2*, capaz de desenvolver aplicativos exclusivos para sistema operacional Android, de forma fácil e simples, quando comparado com as linguagens de programação tradicionais. Seu cenário de programação baseia-se em blocos, o que torna a criação de aplicativos bastante intuitiva não exigindo conhecimento avançado em programação (GOMES & MELO, 2013). A inclusão da lógica do aplicativo em desenvolvimento no *App inventor 2* é efetuada por meio da inserção de blocos de encaixe, os quais têm funções pré-definidas, já a parte do design segue o método de *drag and drop*, ou seja, arrastar os componentes de um menu para outra área (MARCON JUNIOR & BONIATI, 2015).

O desenvolvimento de um aplicativo móvel baseado em algoritmos matemáticos, seguindo uma lógica de execução visando retornar ao usuário, com base em dados

experimentais informados pelo mesmo, de maneira instantânea os valores dos principais índices de consistência, e ainda disponibilizar um roteiro dos procedimentos executados em laboratório para determinação desses índices, de modo simples, para profissionais menos experientes que necessitem determinar esses índices, torna-se muito importante e útil para o dia a dia desses profissionais.

Diante do exposto, objetivou-se com presente trabalho desenvolver um aplicativo móvel para smartphones que utilizem sistema operacional Android, utilizando a plataforma *App Inventor 2*, para calcular o limite de liquidez e plasticidade, além de outros índices de consistência, como o índice de plasticidade, de consistência e de Liquidez; e também exibir de maneira prática e objetiva roteiros para determinação do limite de plasticidade e liquidez.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Consistência do solo

A descrição morfológica da consistência é feita em três classes de umidade, seco, úmido e molhado, na qual se manifesta, nesta ordem, dura, friável, plástica e pegajosa, variando a consistência de solo para solo, dependendo de alguns fatores como: sua textura, mineralogia, quantidade de matéria orgânica presente na camada superficial, teor de água presente, forma com que as partículas do solo estão agregadas, e as forças de coesão e adesão que atuam conforme a variação da umidade (REICHERT *et al.*, 2006).

A consistência em argilas e solos coesivos descreve-se em mole, media e dura, possuindo propriedades que as tornam mais moles quando amassadas em teores de água constantes, este amassamento é conhecido como amolgamento causado pelo arranjo das moléculas nas camadas adsorvidas e a quebra das estruturas adquiridas durante a sedimentação (TERZAGHI, 1962). Para solos secos, em que a umidade esta em equilíbrio com o ar ambiente, caracteriza-se sua consistência pela sua dureza ou tenacidade, sua avaliação é feita de acordo com sua resistência a ruptura em pequenas porções de terra, como resultado o solo pode estar macio, solto, duro, ligeiramente duro ou muito duro (LEMOS, 1996).

Já a consistência para solo úmido, onde a umidade esta aproximadamente intermediária caracterizada pela friabilidade que, nada mais é a facilidade de ruptura da massa do solo úmido, sua avaliação é feita de acordo com sua resistência oferecida à aplicação de pressão, tendo como resultado o solo solto, muito friável, friável, firme, muito firme e extremamente firme. Em solo molhado, no qual, a mesmo esta ligeiramente acima da sua capacidade de campo ou saturado, expressando duas propriedades, pegajosidade e plasticidade. Que pode se apresentar nas seguintes maneiras: não pegajoso, ligeiramente pegajoso, pegajoso ou muito pegajoso. A plasticidade pode se apresentar como: não plástico, ligeiramente plástico, plástico e muito plástico (CAPUTO, 1994).

2.1.2. Importância da consistência do solo

Geralmente na prática da engenharia civil, o solo de um determinado local que não apresenta as condições requeridas para executar uma determinada obra, podendo ser pouco resistente, muito compressível ou apresentar características que deixam inviável o projeto do

ponto de vista econômico, uma das possibilidades é melhorar as propriedades do solo local, através de estudo da consistência do solo, a compactação é um método de estabilização e melhoria do solo através de processo manual ou mecânico, visando reduzir o volume de vazios do solo, tendo em vista estes dois aspectos: aumentar a intimidade de contato entre os grãos e tornar o terreno mais homogêneo melhorando as suas características de resistência, de formalidade e permeabilidade, para poder viabilizar um projeto de engenharia do ponto de vista geotécnico (AMPRINO, 2017).

A consistência esta diretamente relacionada com a textura e a natureza mineralógica dos argilos-minerais, o grau de consistência do solo influencia no regime de água no solo, afetando sua condutividade hidráulica que interfere na curva de umidade, além do mais, é determinante na resistência do solo a penetração e compactação, e seu conhecimento possibilita a determinação do momento adequado de técnicas para favorecer um ideal manejo do solo, proporcionando assim a conservação do mesmo, além de diminuir a demanda energética nas operações mecanizadas (SOUZA et al.,2000), pois determina o comportamento do solo diante de tensões e deformações, sob intenso tráfego de máquinas (SOANE & OUWERKERK, 1994).

Na agricultura conhecer a consistência do solo é de grande importância, pois permite um melhor preparo do solo, da semeadura e da colheita, sendo uma das principais preocupações: a vulnerabilidade das camadas superficiais do solo, para a compactação causado pelo tráfego de máquinas, (CEPIK et al, 2005), pelo qual é causado pelo rearranjo das partículas sólidas, qualquer que seja a operação agrícola, caso seja efetuada no solo com teores de água inadequados, implicando na deterioração de seus atributos físicos (BOENI, 2000), além de proporcionar restrição ao crescimento radicular e alterações nos processos químicos e biológicos do solo (CAMARGO & ALLEONI, 1997). Todos estes fatos podem ser identificados através de estudos da consistência e seus atributos, através de métodos de plasticidade e do índice de compactação, por exemplo, são de grande valia para agricultura, pois minimizam os problemas aqui mostrados, para a construção rural estes estudos são necessários para o correto dimensionamento da fundação e da estrutura, distribuindo assim de forma uniforme toda carga que ali será posta.

2.2. Limites de consistência

Em 1911, o cientista sueco Albert Atterberg, observou que a plasticidade é uma característica particular das argilas e a partir disto, definiu os limites de consistência do solo

(SOUZA et al., 2000). Ele apresentou esse conhecimento em artigos publicados entre 1911 e 1922, e indicou este montante como o teor de água do material, quando em duas condições características de transição entre diferentes estados de consistência (SEMBENELLI, 1966), definindo assim os limites de liquidez, plasticidade e contração (CAPUTO, 1994).

A umidade de um solo quando muito elevada, se apresenta como um fluido denso, podendo-se dizer que seu estado é líquido, com a perda de água pela evaporação o solo endurece passando pelo limite de liquidez (LL) que é fronteira entre o estado líquido do plástico.

O estado plástico pode-se moldar o solo, o qual conserva sua forma, continuando a perda de umidade, sua característica plástica desaparece chegando então ao limite de seu plasticidade (LP) que separa o solo do estado plástico do semi-sólido, que quando tentado ser moldado se desmancha, tornando assim seu estado semi-sólido. Continuando a perda de umidade, ocorre a passagem gradual para o estado sólido no qual o limite entre os dois estados é chamado de limite de contração (LC) (CAPUTO, 1994).

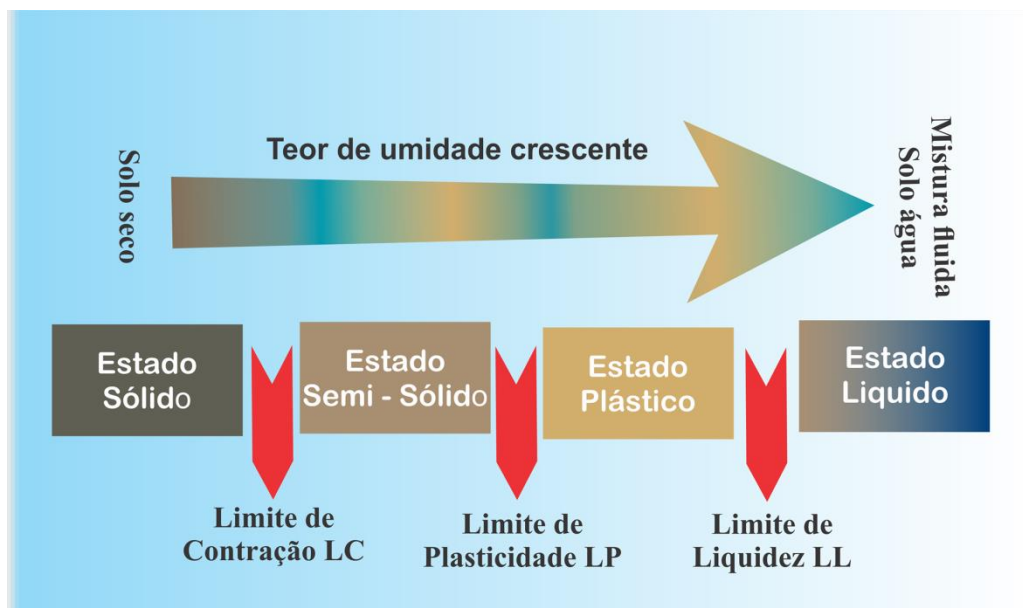


Figura 1. Representação esquemática das passagens dos estados de consistência do solo.

Fundamentados em extensas investigações experimentais, as definições desses limites permitem, de uma maneira simples e rápida, dar uma ideia bastante clara do tipo de solo e suas propriedades. (FIORI, 2015).

2.3. Limite de Liquidez e métodos de determinação

A avaliação previa do comportamento dos solos antes de qualquer construção ou atividade agrícola acarreta em benefícios de curto e longo prazo, uma vez que diminuem os riscos provocados pela má distribuição de cargas ao longo do terreno. (SANTOS *et al* 2015) ressalta a importância de se conhecer o limite de liquidez para a engenharia civil, sendo através destes estudos, a definição do tipo de fundação mais adequado para uma construção, evitando problemas na estrutura devido as deformações decorrentes do peso da construção, que podem prejudicar permanentemente a edificação.

O limite de liquidez é a fronteira entre o comportamento do solo como fluido denso para o plástico, para se determinar seu valor pode ser utilizado o método de Casagrande, procedimento que é padronizado no Brasil pela NBR 6459 atualizada em 2016.

Há também outros métodos para sua determinação, um deles é o método do cone desenvolvido por John Olsson, o qual consiste em medir a penetração estática que um cone, padronizado em condições específicas de peso, ângulo e tempo de queda, penetrando verticalmente em uma amostra de solo previamente preparada. No mínimo deverão ser realizados quatro ensaios repetidos, com diferentes teores em água, de forma a traçar um gráfico linear de penetração (mm) versus teor em água (%) sendo o limite de liquidez o valor do teor em água para uma profundidade de penetração de 20 mm (BICALHO *et al.*, 2014).

2.3.1. Método de Casagrande

O Aparelho de Casagrande consiste em um prato de latão, em forma de concha, sobre um suporte de ebonite, por meio de um excêntrico. Pelo qual permite imprimir ao prato, repetidas quedas de uma altura de um centímetro com intensidade constante (CAPUTO, 1994), a massa de solo é dividida por um cinzel com espessura de um centímetro dividindo assim em duas seções de dimensões iguais. Aplica-se golpes até que a ranhura seja fechada, sendo necessário realizar no mínimo 4 ensaios com diferentes teores de umidade. A (Figura 2) ilustra a preparação do ensaio do Limite de Liquidez pelo método de Casagrande.

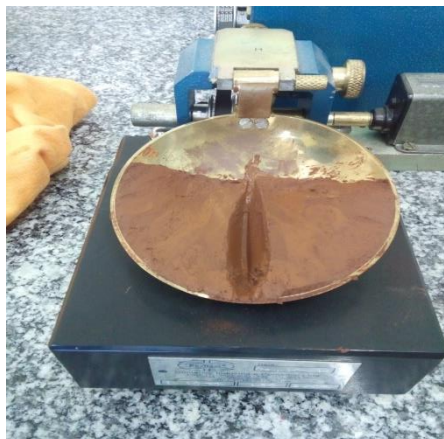


Figura 2. Aparelho Casagrande preparado com solo para execução do ensaio.

2.3.2. Método do Cone Penetrômetro

Ao longo dos anos este método que originalmente surgiu na Suécia, passou por diversas adaptações em vários países, nos seus princípios de funcionamento que são: massa do cone e ângulo de queda, atualmente não existe uma norma padronizando para este ensaio no Brasil (BICALHO et al., 2014).

Para iniciar a coleta de dados a ponta do cone deve tangenciar a superfície da amostra, e o aparelho estar travado e zerado, podendo assim liberar o cone, para penetrar a amostra durante 5 segundos, pré-programado no temporizador do aparelho. A profundidade de penetração atingida pelo cone é lida na escala do penetrômetro, onde se retira aproximadamente 15 gramas em torno do ponto de penetração, para determinação da umidade, buscando-se que o intervalo de valores da penetração do cone na amostra esteja na faixa de 15 a 25 milímetros, o solo restante deve ser retirado da superfície de teste e novamente umidificado formando uma nova pasta para ensaio (SOUZA et al., 2000), repetindo o ensaio novamente por três vezes.

O valor do Limite de Liquidez é representado num gráfico para umidade nas abcissas versus penetração, sendo o limite correspondente a 20 milímetros de penetração.

2.4. Limite de plasticidade e método de determinação

A plasticidade é uma das mais importantes características das argilas, que consiste na capacidade de se moldar o solo, em diferentes graus de umidade sem a variação de seu volume, característica, essa devido à forma laminar dos grãos de argila. A plasticidade é

influenciada pela composição química, mineralógica, granulometria, forma das partículas e o teor de umidade (CAPUTO, 1994).

O Limite de Plasticidade é a porcentagem de umidade em que um solo começa a se quebrar em pedaços, sendo o teor de umidade a transição entre os estados plástico e semissólido do solo (TERZAGHI, 1962). Em laboratório seu valor é obtido seguindo a recomendação da NBR 7180:2016, quando moldado em cilindros de 3 milímetros de diâmetro com 10 centímetros de comprimento conforme a Figura 3.



Figura 3. Placa de vidro esmerilhada e gabarito para realização do ensaio do Limite de Plasticidade.

2.5 Outros índices

É possível determinar alguns índices de consistência do solo com os valores do limite de plasticidade, liquidez e a umidade natural, descritos a seguir estão alguns destes índices.

2.5.1. Índice de plasticidade

A variação do teor de umidade dentro de um solo que possui plasticidade é denominada de intervalo de plasticidade e a diferença numérica entre o limite de liquidez e o limite de plasticidade é denominada de índice de plasticidade (TERZAGHI, 1962).

A zona em que o terreno esta no estado plástico é maior nas argilas quando comparadas com terrenos arenosos, sendo necessários critérios estabelecidos para a plasticidade. Quanto maior o índice de plasticidade mais plástico será o solo. (CAPUTO, 1994).

2.5.2. Índice de Liquidez

O Índice de Liquidez torna-se possível a identificação das tensões vividas pelo solo ao longo de sua história geológica, com o índice de liquidez perto de zero diz-se que o solo é pré-consolidado, que já sofreram pressões maiores como, por exemplo: submetidos à erosão removendo sua camada superior, com o Índice Liquidez perto de 1, são solos já consolidados que não sofreram pressões e seu valor se aproxima do Limite de Liquidez (CAPUTO, 1994).

2.5.3. Índice de consistência

O Índice de consistência proporciona avaliar a umidade natural na amostra de solo, também definida como coesão, que pode ser identificada como: muito mole quando escorrem com facilidade entre os dedos, mole que são facilmente moldadas, média também pode ser moldada, rija a qual necessita de esforço maior para ser moldada, duras as quais não podem ser moldadas pelos dedos ou qualquer outro artifício, pois quando submetidas a grandes esforços desagregam-se ou perde sua estrutura original (CAPUTO, 1994).

2.6. App Inventor 2

O *App Inventor 2* é um projeto do Massachusetts Institute of Technology, mais baseado no *App Inventor Classic* iniciado pela Google que por sua vez teve início em uma tese de mestrado do MIT por Ricarose Roque (MITCHELL, 2014)

Com a tecnologia se modificando a cada dia disponibilizando as pessoas meios e ferramentas que facilitam o seu dia a dia. Com isso, a tecnologia tornou-se presente na vida do ser humano e algo inerente às suas atividades (SOUZA & SANTOS, 2016).

Desenvolvido pelo professor Hal Abelson em parceria com a equipe do Google Education, o *App Inventor 2* funciona como uma Web Service uma ferramenta de programação que se baseia em blocos permitindo que qualquer um mesmo iniciantes comecem a programar e construir aplicativo totalmente funcional.

O *App inventor 2* atende uma comunidade mundial de quase dois milhões de usuários, representando 195 países em todo o mundo. Mais de 85 mil usuários semanais ativos da ferramenta, já construíram mais de 4,7 milhões de aplicativos para Android.

Uma ferramenta de código aberto que visa tornar tanto a programação e a criação de aplicativos acessíveis a um público que deseja uma ferramenta de fácil uso e ampla utilização (ROCHA JUNIOR, 2015).

O desenvolvimento de uma aplicação nesta ferramenta é realizado através em duas janelas: “*App Inventor Designer*” e “*Blocks Editor*”. A janela “*App Inventor Designer*” (Figura 4) é executado a partir do navegador e permite criar visualmente a interface do aplicativo feito pelo usuário, ao clicar e arrastar os componentes da “*Palette*”, tais como botões, caixas de texto, figuras, animações, sons, entre outros, para o Viewer (GOMES & MELO, 2013).

Na janela “*Blocks Editor*” (Figura 5), por sua vez, permite controlar o comportamento dos componentes definidos na “*App Inventor Designer*”. Neste ambiente, o usuário encontra blocos conectáveis que podem ser eventos ou métodos, em uma interface do tipo arrastar e soltar. Estes blocos operam strings e listas, realizam ações de controle e operações matemáticas, entre outras funcionalidades (GOMES & MELO, 2013). O *App Inventor* aplica bem os conceitos da computação nas nuvens permitindo que o usuário possa acessar e programar seu projeto de modo independente de plataforma, e independente do local, oferecendo ao usuário mais flexibilidade ao construir aplicativos. Permite o usuário de conectar seu smartphone ao computador e, à medida que uma aplicação vai sendo construída, acompanhando as modificações, testando as no dispositivo em tempo real e recebendo um feedback imediato.

O Programa *App Inventor 2*, dispõe de um site, que contém diversas informações sobre a plataforma, contendo tutoriais de aprendizado e técnicas de ensino de programação tanto para iniciantes como para professores, existe também fóruns de discussão, blogs, notícias e eventos relacionados à utilização da plataforma (FINIZOLA et al., 2014).

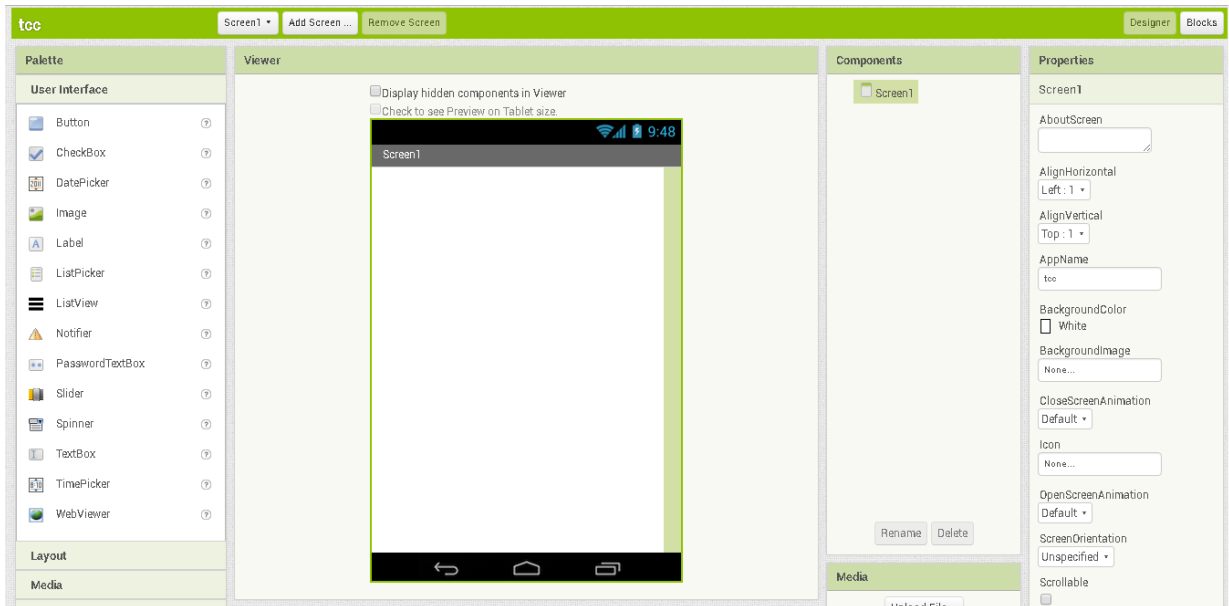


Figura 4. Plataforma, online, de desenvolvimento de Designer do App Inventor 2.

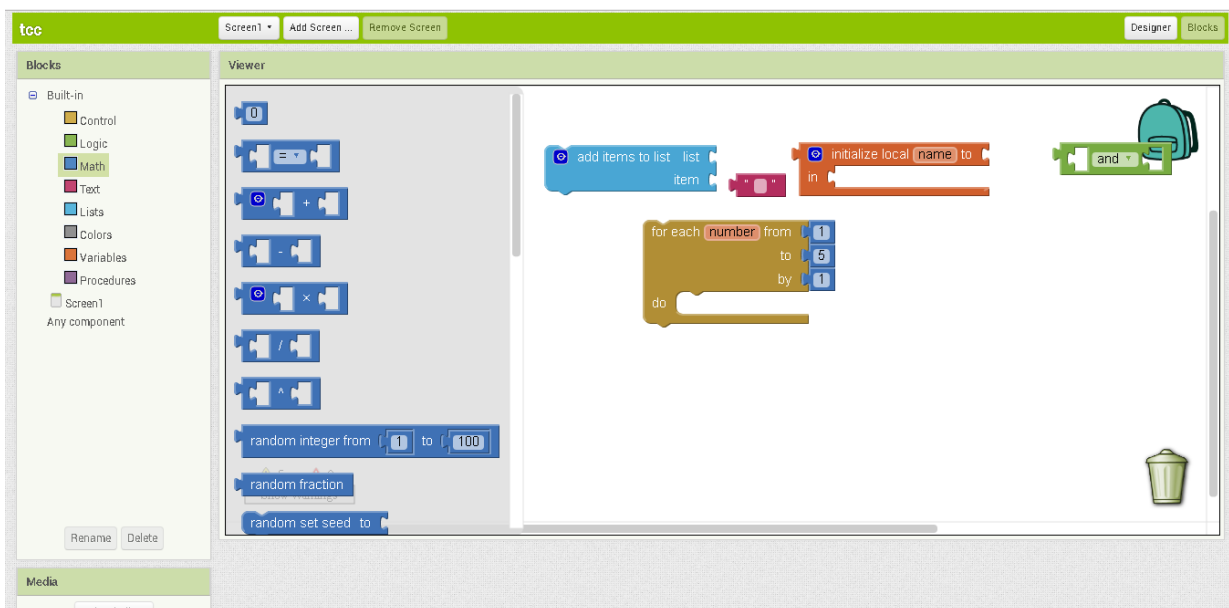


Figura 5. Plataforma, online, programação em blocos do App Inventor 2.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O desenvolvimento do aplicativo móvel para determinação do Limite de Liquidez (LL) e Limite de Plasticidade (LP), além dos índices, como Índice de Consistência (IC), Índice de Plasticidade (IP) e Índice de Liquidez (IL), o qual foi intitulado de “S.A Solos”, foi desenvolvido para sistema operacional Android, na plataforma *App Inventor 2*, atualmente mantido pelo Massachusetts Institute of Technology (MIT).

O Aplicativo “S.A. Solos” foi desenvolvido em duas etapas, sendo a primeira o desenvolvimento das telas, fazendo uso das ferramentas de criação de telas da plataforma *App Inventor 2*, utilizando principalmente botões, caixas de texto, legendas e figuras, e a segunda foi o desenvolvimento dos algoritmos com as rotinas para a execução das tarefas de cada tela.

A tela inicial do aplicativo contém seis botões de interação com usuário, em que esses botões são dispostos em duas colunas e três linhas (Figura 6). Os botões 1 e 2 são destinados a exibir o roteiro dos ensaios para determinação dos Limites de Liquidez e Plasticidade; já os botões 3 e 4 são destinados a realização dos cálculos para determinação dos Limites de liquidez e Plasticidade; e o botões 5 é para determinação do IC, IP e IL, enquanto o botão 6 é para exibir informações sobre o aplicativo.



Figura 6. Projeto da tela inicial do aplicativo S.A. Solos.

Nos subitens a seguir serão descritos as metodologias utilizadas para funcionalidade de cada um dos seis botões citados acima.

3.1. Exibição dos roteiros para execução dos ensaios de LL e LP

Para os ensaios de Limite de Liquidez e Limite de Plasticidade, foram elaborados, com base na NBR 6459:2016 e NBR 7180:2016, respectivamente, roteiros resumidos para elucidar e/ou instruir o usuário de como realizá-los. Os roteiros dos referidos ensaios foram elaborados em um editor de slides, em que cada slide apresentará passos do roteiro do referido ensaio. Após a elaboração completa dos roteiros, os slides de seus respectivos ensaios foram salvos em formato de imagem, obtendo-se assim dois conjuntos de imagens, um para LL e outro para LP.

De posse do conjunto de imagens que compõem os roteiros dos ensaios de LL e LP, foram desenvolvidas duas telas no aplicativo, uma para cada ensaio, em que foram carregadas as imagens referentes aos ensaios de LL e LP, em suas respectivas telas. Em cada uma das telas destinadas a exibição dos ensaios há dois botões, sendo eles um para avançar e outro para voltar, permitindo que o usuário alterne entre as figuras pré-carregadas em cada tela, visualizando todos os passos do roteiro de cada ensaio. Logo os botões dispostos na primeira linha, “Ensaio Limite de Liquidez” e “Ensaio Limite de Plasticidade”, conforme ilustrado na Figura 1, irão abrir a tela para exibição do roteiro de seu respectivo ensaio.

3.2. Cálculo do Limite de Liquidez (LL)

Conforme descrito na NBR 6459: 2016, para a determinação do LL é necessário pelo menos cinco pontos de ensaio, em que cada ponto é composto por um par de “coordenadas”, sendo elas o número de golpes aplicado no aparelho de Casa Grande para que a ranhura no solo disposto na concha do aparelho se feche e a umidade do mesmo no momento em que a ranhura se fechou. De posse dos pontos do ensaio de LL plota-se uma curva com os valores dos números de golpes na ordenada, em escala logarítmica, e os valores de umidade do solo no eixo das abcissas, em que o LL é a umidade do solo que corresponde a 25 golpes para que a ranhura se feche.

Assim, para o cálculo do Limite de Liquidez foi desenvolvido uma tela que estará vinculada ao botão “Cálculo Limite de Liquidez”, em que nesta tela haverá caixas de texto para que o usuário informe os seguintes dados:

- Número de golpes (denominado de “NG”);
- Massa de solo úmido mais massa do recipiente (denominado de “M1”), em g;
- Massa do solo seco mais massa do recipiente (denominado “M2”), em g; e
- Massa do recipiente (denominado M3), em g.

Após preencher os campos citados anteriormente o usuário clica no botão “Inserir”, o qual tem a função de armazenar o Número de Golpes (NG) e a umidade solo (W), cada um em uma “Lista” (vetor para armazenar os valores de cada variável) para cada ponto do ensaio. O valor de umidade do solo, para cada ponto, é determinado por meio da Equação 1, descrita na NBR 6457:2016.

$$W = \frac{M1 - M2}{M2 - M3} \cdot 100 \quad (1)$$

em que:

W: Umidade do solo, %;

M1: Massa do solo úmido mais a massa do recipiente, g;

M2: Massa do solo seco mais a massa do recipiente, g; e

M3: massa do recipiente (cápsula metálica), g.

Após o usuário informar pelos menos cinco pontos do ensaio de LL, como recomenda a NBR 6459: 2016, o aplicativo, por meio de uma estrutura de decisão “*IF ... THEN*” habilitará um botão, o qual será denominado “Calcular”, para calcular o valor do LL.

Com o conjunto de pontos NG e W o aplicativo irá ajustar uma equação de regressão linear simples aos pontos, para estimar os valores de W (variável dependente) em função NG (variável independente), por meio do método dos mínimos quadrados, conforme a Equação 2.

$$W = a + b \cdot \log (NG) \quad (2)$$

onde:

$$b = \frac{\sum_{i=1}^n (\log(NG_i) - \log(\overline{NG})) \cdot (W_i - \overline{W})}{\sum_{i=1}^n (\log(NG_i) - \log(\overline{NG}))^2} \quad (3)$$

$$a = \overline{W} - b \cdot \log(\overline{NG}) \quad (4)$$

em que:

b: coeficiente angular da reta;

a: intercepto da reta;

n: número de total de ponto do ensaio de LL;

\overline{W} : valor médio da umidade do solo, %; e

\overline{NG} : valor médio do número de golpes.

Para a obtenção do coeficiente de inclinação e o intercepto da equação da equação de regressão linear fizemos uso de uma estrutura de repetição do tipo “FOR” para realizar os somatórios e cálculos dos valores médios de W e NG requeridos na Equação 3.

Conforme já mencionado, o LL é a umidade do solo correspondente a 25 golpes aplicados no aparelho de Casa Grande para que a ranhura no solo se feche (NBR 6459: 2016), logo o valor do LL, será obtido reescrevendo a equação 2, substituindo o NG por 25, conforme a Equação 5:

$$LL = a + b \cdot \log(25) \quad (5)$$

O valor do LL será expresso em porcentagem e aproximado para o número inteiro mais próximo.

3.3. Cálculo do Limite de Plasticidade (LP)

O LP é determinado segundo os procedimentos descritos na NBR 7180: 2016, logo ao usuário clicar no botão “Cálculo Limite de Plasticidade” (Figura 1) o aplicativo abre uma

nova tela, em que na mesma contem três caixas de texto para o usuário informar os valores M1, M2 e M3, as quais são as mesmas variáveis descritas no item 3.2.

Depois de preenchidos os campos citados anteriormente, o aplicativo determina a umidade do solo (W) por meio da Equação 1, e armazenar o valor de W em uma “Lista” (vetor). Após serem informados três valores de W , é habilitado um botão denominado “Calcular”, o qual a princípio tem a função de determinar a média dos valores de umidade, por meio da Equação 6.

$$\bar{W} = \frac{\sum_{i=1}^n W_i}{n} \quad (6)$$

em que:

\bar{W} : umidade média, %; e

n : número de pontos do ensaio de LP.

O próximo passo de o botão calcular é verificar, por meio de uma estrutura de decisão “*IF...THEN*” dentro um laço de repetição “*FOR*” se algum dos valores que compõem a umidade média diferem mais que 5% da mesma, e caso algum valor difira mais que 5%, o aplicativo recalcula a umidade média por meio da Equação 6, porém excluindo o valor que difere. A nova média de umidade obtida é o valor de LL que é apresentado ao usuário, expresso em % e aproximado para o número inteiro mais próximo.

3.4. Outros índices de consistência

Ao clicar no botão “Outros Índices” o aplicativo abre uma nova tela, na qual é solicitado que seja informado algumas variáveis para que seja possível determinar o índices descritos nos próximos itens.

3.4.1 Cálculo do Índice de Plasticidade (IP)

O IP é determinado por meio da Equação 7, descrita na NBR 7180: 2016.

$$IP = LL - LP \quad (7)$$

em que:

IP: Índice de Plasticidade, %;

LL: Limite de Liquidez, %; e

LP: Limite de Plasticidade, %.

3.4.2. Cálculo do Índice de Consistência (IC).

O índice de consistência é a relação entre a diferença do LL para umidade natural e o IP, o qual pode ser determinado pela Equação 8, conforme descrito em Caputo (1994).

$$IC = \frac{LL - W_{nat}}{IP} \quad (8)$$

em que:

IC: índice de consistência, adimensional; e

W_{nat} : umidade natural, %;

3.4.3. Cálculo de Índice de Liquidez (IL).

O IL, adimensional, é determinado por meio da Equação 10, conforme descrito por Terzaghi (1962).

$$IL = \frac{(W_{nat} - LP)}{(IP)} \quad (10)$$

3.5 Informações do botão “Sobre”

O botão “Sobre” (Figura 1) exibe uma tela que disponibiliza informações sobre como usar o aplicativo e os seus desenvolvedores.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base na proposta inicial para a tela principal do aplicativo S.A. Solos (Figura 6) foi desenvolvida a tela principal do aplicativo, ilustrada na Figura 7, a qual é tem a função de direcionar o usuário para as demais telas do aplicativo.



Figura 7. Tela inicial de direcionamento para as demais telas do aplicativo S.A.solos.

A plataforma para desenvolvimento de telas do *App Inventor 2* (Figura 4) apresenta muitas limitações para a elaboração do layout das telas, principalmente no que diz respeito ao posicionamento e organização dos elementos (botões, caixas de texto, legendas), o que dificulta a elaboração do layout das telas, exigindo assim, que seja utilizado artifícios, como por exemplo a inserção de legendas ou organizadores com a propriedade “Visível” desativada, para “forçar” o espaçamento entre os elementos na tela, favorecendo a organização e disposição dos elementos que compõe cada tela do aplicativo.

Na Figura 8 é ilustrado as telas do aplicativo que exibem ao usuário o procedimento para realizar os ensaio do Limite de Liquidez e Plasticidade, de modo resumido com base nas suas respectivas normas regulamentadoras.



Figura 8. Telas que descrevem o procedimento de laboratório para determinação do Limite de Liquidez (A) e do Limite de Plasticidade (B).

A Figura 9 ilustra o layout das telas destinadas ao cálculo do Limite de Plasticidade e Liquidez, em que ambas as telas são bem intuitivas para o usuário informar os dados referentes aos seus respectivos ensaios de caracterização do solo.



Figura 9. Telas para realizar o cálculo do Limite de Liquidez (A) e do Limite de Plasticidade (B).

Após o desenvolvimento completo das telas e rotinas do aplicativo S.A. Solos, o mesmo foi distribuído para alguns usuários realizarem testes e apontarem erros de execução e necessidades de aperfeiçoamento nas telas visando à aplicabilidade do mesmo. Durante esse processo de testes, constatou-se a necessidade da inserção de algumas restrições para execução dos cálculos das variáveis respostas.

Houve a necessidade da inserção de duas restrições, sendo uma delas no procedimento de cálculo da umidade, por meio da Equação 1, tanto na tela destinada ao cálculo do Limite de Liquidez quanto do Limite de Plasticidade (Figura 9), em que a restrição inserida teve a função de verificar se $M1 > M2$ e $M2 > M3$, pois se essas condições não forem verdadeiras significa que o usuário informou os valores incorretos dessas variáveis de entrada para o cálculo da umidade, podendo assim gerar valores de umidade negativo ou divisão por “zero”, caso $M2 = M3$. Quando condições citadas anteriormente não são satisfeitas o aplicativo gera uma mensagem para o usuário informando o erro na inserção dessas variáveis (Figura 10A).

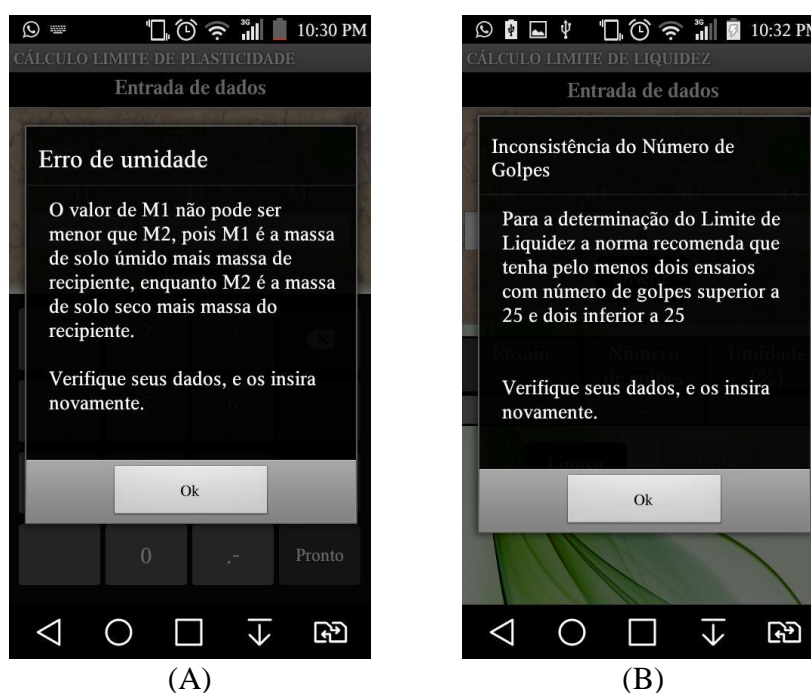


Figura 10. Mensagem de erro devido a inconsistências dos dados para o cálculo da umidade (A) e mensagem de erro referente ao Número de Golpes do ensaio do Limite de Liquidez (B).

Outra restrição importante teve que ser inserida no procedimento de cálculo do Limite de Liquidez, pois mesmo que o usuário informar-se para todos os ensaios do Limite de

Liquidez valores da variável número de golpes (NG) superiores a 25 ou todos inferiores a 25, o aplicativo realizava o cálculo do Limite de Liquidez, porém a NBR 6459:2016 recomenda que pelos menos dois dos ensaios do Limite de Liquidez apresente um NG inferior a 25 e dois superiores a 25. Sendo assim, foi inserida uma restrição que verifica quantos ensaios possuem um número de golpes inferior a 25 e quantos possuem NG superior a 25, permitindo que só seja calculado o Limite de Liquidez quando, dentre os ensaios informados pelo usuário pelo menos um possua NG inferior a 25 e um superior a 25, caso contrário o aplicativo gera uma mensagem ao usuário solicitando para o mesmo verificar os dados do ensaio e informá-los novamente (Figura 10B).

Na Figura 11 ilustra a tela do aplicativo para o cálculo dos Índices de Plasticidade, de Liquidez e de Consistência. Nesta tela também foi necessário inserir uma restrição para evitar que esses índices fossem calculados erroneamente. A restrição consistiu de verificar se o valor do Limite de Plasticidade informado pelo usuário é menor do que o valor do Limite de liquidez, caso essa condição não seja atendida o aplicativo gera uma mensagem de alerta para o usuário comunica a incoerência dos dados informados.



Figura 11. Tela para realizar o cálculo dos índices de plasticidade, de liquidez e de consistência.

Na Figura 12A é ilustrando a tela “Sobre” do aplicativo, na qual constam os desenvolvedores do mesmo. Ainda durante o período de teste do aplicativo, alguns usuários relataram a necessidade de um tutorial explicando a funcionalidade básica de cada tela do

aplicativo. Logo, o botão que dá acesso a esse tutorial foi inserido na tela “Sobre”, que ao ser acionado abre uma outra tela, Figura 12B, na qual é possível se informar da funcionalidade de cada tela.



Figura 12. Tela para exibição de informações do aplicativo S.A. Solos (A), tutorial ilustrado a funcionalidade de cada tela (B).

5. CONCLUSÕES

A interface desenvolvida para o aplicativo é intuitiva para usuários que estão habituados a calcular o limite de liquidez e de plasticidade.

O aplicativo S.A Solos durante a fase de teste mostrou-se capaz de calcular os limites de liquidez, plasticidade e índices de plasticidade, liquidez e de consistência com rapidez, eficiência.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 7180. Solo - Determinação do limite de plasticidade. 3 p. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 6457. Amostras de Solo - Preparação para ensaios de compactação e ensaios de caracterização. 8 p. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 6459. Solo - Determinação do limite de liquidez. 5 p. Rio de Janeiro, 2016.

_____. NBR 6502. Rocha e Solo. 18 p. Rio de Janeiro, 1995.

AMPRINO, D, A, C. **Estudo e análise do comportamento de reforços e suas aplicações na engenharia geotécnica (Estudo de Misturas de solo com adição de Borracha Moída de Pneus).** Disponível em:< http://www.puc-rio.br/Pibic/relatorio_resumo2011/relatorios/ctc/civ/CIV-Daniela%20Aubry%20Cadete%20Amprino.pdf>. Acesso em 12 de Março de 2017.

BICALHO. K. V.; GRAMELICH. J. C; CUNHA C. L. dos Santos; Comparação entre os valores do limite de liquidez obtidos pelos métodos de Casagrande e cone para solos argilosos brasileiros. Congresso Nacional de Geologia e do 2º Congresso de Geologia dos Países de Língua Portuguesa. vol 101, p 1097-1099, 2014.

BOENI, M. Comportamento mecânico de solos escarificados em função do teor de água e pressão de inflação dos pneus do trator. 2000. 99 f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2000.

CAMARGO, O.A. de; ALLEONI, L.R.F. Compactação do solo e o desenvolvimento das plantas. Piracicaba: Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, 1997.132 p.

CAPUTO, H. P. **Mecânica dos solos e suas aplicações.** 6ª ed, Rio de Janeiro:LTC Editora S.A.,1994. 225p.

CEPIK, C, T, C; TREIN, C, R; LEVIEN, R. Força de tração e volume de solo mobilizado por haste sulcadora em semeadura direta sobre campo nativo, em função do teor de água no solo, profundidade e velocidade de operação. **Revista Brasileira de Eng. Agrícola.** Jaboticabal, v.25, n.2, p.447-457. 2005.

FINIZOLA, A, B; RAPOSO, E, H, S; PEREIRA, M, B. P, N; GOMES, W, S; ARAUJO, A, L, S, O; SOUZA, F, V, C. O ensino de programação para dispositivos móveis utilizando o MIT-App Inventor com alunos do ensino médio. **3º Congresso Brasileiro de Informática na Educação.** 2014.

FIORI, A, P. **Fundamentos da Mecânica dos Solos e das Rocha.** São Paulo: Editora Oficina de Textos. 2015. 548p.

GOMES, T. C. S; MELO J. C. B. App Inventor for Android: Uma Nova Possibilidade para o Ensino de Lógica de Programação. **Congresso Brasileiro de Informática na Educação**, 2013. Recife. P 620-629, 2013.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE: Estatística da Produção Agrícola**. 2016. Disponível em: ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Fasciculo_Indicadores_IBGE/estProdAgr_201601.pdf.

LEMONS, R.C., SANTOS, R.D. **Manual de descrição e coleta de solo no campo**. 3ºed. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1996. 84 p.

MARCON JUNIOR, R. P; BONIATI, B. B. LogicBlocks: Uma Ferramenta para o Ensino de Lógica de Programação. In: **Encontro Anual de Tecnologia da Informação e Semana Acadêmica de Tecnologia da Informação**. 5., 2015, Frederico Westphalen. p. 63-70, 2015.

MITCHELL, E. **Introduction step-by-step guide to easy Android app programming**. 1º ed. Disponível em: https://play.google.com/books/reader?id=sPlfBQAAQBAJ&printsec=frontcover&output=reader&hl=pt_BR&pg=GBS.PP1>. Acessado em: 12 de Março 2017.

MOTA, J. C. A.; ASSIS JUNIOR, R. N. de; AMARO FILHO, J.; LIBRADI, P. L. Algumas propriedades físicas e hídricas de três solos na chapada do Apodi, RN, cultivados com melão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, n. 1, p. 49-58, 2008.

REICHERT, J. M.; SUZUKI, L. E. A. S.; REINERT, D. J. Compactação do solo em sistemas agropecuários e florestais: identificação, efeitos, limites críticos e mitigação. In: CERETTA, C. A.; SILVA, L. S.; REICHERT, J. M. **Tópicos em Ciência do Solo**, volume 5. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, p. 49-134, 2006.

RIQUENA, R. da S.; NEGRETI, A. dos S. Análise estratégica das empresas que oferecem serviços tecnológicos aos produtores rurais por meio de aplicativos móveis. **RECODAF – Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, v. 1, n. 2, p. 100-111, 2015.

ROCHA JUNIOR, O, C. Desenvolvimento de um aplicativo para o manejo de irrigação utilizando a ferramenta app inventor na plataforma android. **Dissertação de Mestrado**. Fortaleza. 2015.

SEMBENELLI.P. Los Limites de Atterberg y su significado en la industria ceramic y ladrillera. **Materiales de Construcción**, v.16, n.124, p.43. 1966.

SOANE, B.D.; van OUWERKERK, C. **Soil compaction incrop production**. Amsterdam : Elsevier, 1994. 660p.

SOUZA, C. M. A. de; RAFFUL, L. Z; VIEIRA, L. B. Determinação do limite de liquidez em dois tipos de solo, utilizando-se diferentes metodologias. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 4, n. 3, p. 460-464. 2000.

SOUZA, M; SANTOS, T, B. Novas possibilidades no ensino com o App Inventor: um estudo de caso. Congresso Nacional de inovação e tecnologia. São Bento do Sul- SC. 2016.

TERZAGHI, Karl; PECK, Ralph B. **Mecânica dos solos na prática da engenharia**. Rio de Janeiro, RJ: LTC, 1962. 659p.