



INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS  
GERAIS – *CAMPUS* BAMBUÍ  
MESTRADO PROFISSIONAL EM SUSTENTABILIDADE E TECNOLOGIA  
AMBIENTAL

Amanda Jakelline Dias Araujo

**APLICATIVO PARA O DIMENSIONAMENTO DE BOLSÕES DE CONTENÇÃO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS EM ESTRADAS RURAIS**

BambuÍ

2022

AMANDA JAKELLINE DIAS ARAUJO

**APLICATIVO PARA O DIMENSIONAMENTO DE BOLSÕES DE CONTENÇÃO DE  
ÁGUAS PLUVIAIS EM ESTRADAS RURAIS**

Dissertação apresentada ao Programa de Mestrado em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais - *Campus* Bambuí como requisito para obtenção do título de Mestre em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva.

Linha de pesquisa: Tecnologias Ambientais  
Projeto Estruturante: Gestão de Águas, efluentes e Resíduos Sólidos.

Bambuí

2022

A663a Araujo, Amanda Jakelline Dias.

Aplicativo para o dimensionamento de bolsões de contenção de águas pluviais em estradas rurais. / Amanda Jakelline Dias Araujo. – Bambuí, 2022.

41 f.: il.; color.

Orientador: Prof. Dr. Aderlan Gomes da Silva.

Dissertação (Mestrado) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG, Curso Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, 2022.

1.Drenagem. 2. Estradas rurais. 3. Flutter. I. Silva, Aderlan Gomes da. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais – Campus Bambuí, MG. III. Título.

CDD 333.9116



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
Campus Bambuí  
Diretoria de Pesquisa, Inovação e Pós-Graduação  
Seção de Pós-Graduação  
Av. Professor Mário Werneck, 2590 - Bairro Buritis - CEP 30575-180 - Belo Horizonte - MG  
37 3431-4900 - www.ifmg.edu.br

### PARECER Nº 10

Em 09 de dezembro de 2022.

### FICHA DE APROVAÇÃO

Dissertação de Mestrado, intitulada “**APLICATIVO PARA O DIMENSIONAMENTO DE BOLSÕES DE CONTENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESTRADAS RURAIS**”, de autoria da mestranda em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, **Amanda Jakelline Dias Araújo**, aprovada pela Banca Examinadora de Defesa, em 09/12/2022, com a média de **89,5 pontos**.

A análise das correções finais da dissertação sugeridas pela Banca Examinadora será feita pelo professor orientador.

Bambuí (MG), 09 de dezembro de 2022.



Documento assinado eletronicamente por **Amanda Jakelline Dias Araujo, Usuário Externo**, em 12/12/2022, às 09:29, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Aderlan Gomes da Silva, Professor**, em 12/12/2022, às 09:39, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **Grazielle Wolff de Almeida Carvalho, Professora**, em 12/12/2022, às 11:51, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



Documento assinado eletronicamente por **MAURICIO ANTONIO DE OLIVEIRA COELHO, Usuário Externo**, em 13/12/2022, às 22:26, conforme art. 1º, III, "b", da Lei 11.419/2006.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1403199** e o código CRC **08C21CCA**.

Criado por [ronaldo.barbosa](#), versão 2 por [ronaldo.barbosa](#) em 12/12/2022 09:02:53.

## RESUMO

A drenagem nas estradas rurais é pouco discutida, mesmo com a importância econômica da agropecuária para o Brasil. Práticas antrópicas como o desmatamento e o plantio de culturas, sem o devido manejo, vêm causando a erosão no solo, devido à falta de práticas conservacionistas, reduzindo cada vez mais a infiltração da água no solo, aumentando o escoamento superficial e, conseqüentemente, reduzindo o reabastecimento do lençol freático. Uma das formas ambientalmente adequadas para se destinar as águas pluviais nas estradas é utilizando o Bolsão de Contenção de Água. Tal técnica consiste em escavar bacias nas margens das rodovias em locais predeterminados para que possa armazenar a água pluvial, facilitando a infiltração da água no solo, apresentando-se como alternativa de grande valor ambiental. Sendo assim, para facilitar o dimensionamento correto de bolsões, foi realizado o presente trabalho, com o objetivo de desenvolver e testar um aplicativo para tal finalidade. O experimento foi conduzido no Campo Experimental de Sertãozinho/EPAMIG, município de Patos de Minas-MG. Empregou-se a linguagem *Flutter (Dart)*, tendo como base de dados o *Google Maps* e cálculos (fórmulas) provenientes de uma planilha desenvolvida por um pesquisador da EPAMIG, para fazer o dimensionamento dos bolsões. Após os testes em campo e a finalização do aplicativo, concluiu-se que o aplicativo é eficaz e coincidiu com os cálculos em campo.

**Palavras-chave:** Drenagem. Estradas Rurais. *Flutter*. Solo. Lençol Freático.

## ABSTRACT

Drainage on rural roads is little discussed, even with the economic importance of agriculture in Brazil. Anthropogenic practices, such as deforestation and the planting of crops without proper management, have been causing soil erosion, due to the lack of conservation practices, increasingly reducing water infiltration into the soil, increasing surface runoff and consequently reducing replenishment of the water table. One of the environmentally appropriate ways to allocate rainwater on roads is using the Water Containment Pocket. This technique consists of digging basins on the edges of highways in predetermined locations so that rainwater can be stored, facilitating water infiltration into the soil, presenting itself as an alternative of great environmental value. Therefore, to facilitate the correct dimensioning of pockets, the present work was carried out with the objective of developing and testing an application for this purpose. The experiment was carried out in the Experimental Field of Sertãozinho/EPAMIG, municipality of Patos de Minas-MG. The Flutter language (Dart) was used, based on Google Maps database, and calculations (formulas) from a spreadsheet developed by a researcher of EPAMIG to dimension the pockets. After field testing and finalizing the application, it was concluded that the application is effective and matched the field calculations.

**Keywords:** Drainage. Flutter. Rural Roads. Ground. Groundwater.

*"Conhecimento não é aquilo que você sabe, mas o que você faz com aquilo que você sabe."*

*(Aldous Huxley)*

## AGRADECIMENTOS

Finalizo mais uma etapa muito importante na minha vida, e, por isso, agradeço primeiramente a Deus, pois sem Ele nada disso teria acontecido.

Agradeço aos meus pais, Mersônia Dias da Silva e Percílio Antônio da Silva, que nunca mediram esforços para os meus estudos, obrigada por todo amor e carinho.

Ao meu marido, Gustavo Mendes Araújo Fernandes, por todo o apoio e dedicação que foram essenciais nessa caminhada.

Agradeço também ao meu orientador, Aderlan Gomes da Silva, por sua dedicação em todos os momentos para me ajudar e me orientar.

Ao Mauricio Antônio de Oliveira Coelho, obrigada por sempre ter acreditado e depositado sua confiança em mim ao longo de todos esses anos de trabalho que se iniciaram ainda na graduação.

Aos alunos do IFMG e também ao Campus - *Campus* São João Evangelista, Matheus Ferreira Alves e Paulo Fernandes Rodrigues, e ao professor Rosinei Soares de Figueiredo, que tanto demonstraram apoio e fizeram este projeto sair do papel.

Ao grupo de amigos do mestrado, Bárbara, Felipe e Cláudio, que demonstraram amizade, companheirismo e apoio ao longo de todo o curso.

Agradeço a todas as pessoas que, de alguma forma, me ajudaram nessa caminhada; sem vocês, nada disso seria possível.

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO</b>	<b>8</b>
<b>2</b>	<b>OBJETIVOS</b>	<b>9</b>
2.1	Objetivo geral	9
2.2	Objetivos específicos	9
<b>3</b>	<b>JUSTIFICATIVA</b>	<b>9</b>
<b>4</b>	<b>HIPÓTESES</b>	<b>11</b>
<b>5</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO</b>	<b>11</b>
5.1	Processos erosivos	11
5.2	Impactos ambientais causados pela erosão do solo	12
5.3	Bolsão de contenção	13
5.4	Desenvolvimento de aplicativo	13
<b>6</b>	<b>MATERIAIS E MÉTODOS</b>	<b>14</b>
<b>7</b>	<b>RESULTADOS</b>	<b>19</b>
<b>8</b>	<b>DISCUSSÃO</b>	<b>25</b>
<b>9</b>	<b>PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA</b>	<b>26</b>
<b>10</b>	<b>CONCLUSÃO</b>	<b>27</b>
<b>11</b>	<b>CONSIDERAÇÕES FINAIS</b>	<b>27</b>
	<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>28</b>
	<b>APÊNDICE A – Fluxograma detalhado das etapas de execução de tarefas relativas ao desenvolvimento do aplicativo Calculand.</b>	<b>32</b>
	<b>APÊNDICE B – Resultado de testes adicionais realizados em outras localidades com o aplicativo Calculand, comprovando sua eficácia e exatidão em relação à planilha de cálculo.</b>	<b>33</b>
	<b>APÊNDICE C – Termo de parceria com a EPAMIG – Patos de Minas</b>	<b>40</b>

## 1 INTRODUÇÃO

O Brasil é um país com ampla extensão territorial, e grande parte do acesso se dá pela rede viária, tanto por vias pavimentadas quanto por não pavimentadas. Apesar da grande extensão e da importância econômica, principalmente ligada à agropecuária, a drenagem nas estradas rurais ainda é pouco discutida (ODA; FERNANDES JR; SORIA, 2007).

Quando uma estrada é construída, o seu entorno sofre impactos ambientais, e a forma natural de escoamento da água fica comprometida, em especial pela ausência de práticas de conservação do solo e também por outros fatores que poderão acontecer em decorrência da abertura da estrada, por exemplo, o desmatamento de árvores, plantios de culturas sem os devidos manejos e outras ações antrópicas. Por essa razão, ocorre redução da infiltração da água, aumentando, conseqüentemente, o impacto das gotas de chuva no solo e intensificando o escoamento superficial, não havendo, desse modo, o reabastecimento do lençol freático (IGAM, 2014).

O planejamento do escoamento das águas pluviais pode amenizar esses problemas e, ainda, evitar a perda de nutrientes do solo (RIGHETTO; MOREIRA; SALES, 2009). Conforme Grace III (2000), o principal impacto que o escoamento livre da água pluvial causa é a erosão do solo, ocasionada por diversos fatores, como declividade, altura dos taludes, entre outros. O manejo mais comum para prevenção da erosão é controlar o escoamento livre da água, e, dentre os locais mais atingidos por essa deterioração, estão as estradas rurais.

Conforme Griebeler *et al.* (2006), a acumulação, a decantação ou a retenção são as melhores alternativas para se destinar as águas pluviais nas estradas. O modelo mais usado é o Bolsão de Contenção de Água, conhecido também como bacia de contenção, bacia de retenção, ou barraginha. Tal técnica consiste em escavar bacias nas margens das rodovias, em locais predeterminados, para que possam armazenar a água pluvial, facilitando a infiltração da água no solo, contribuindo com a recarga do lençol freático e o surgimento de nascentes.

Essas estruturas acumularão as águas, eliminando o poder destrutivo da erosão, deixando o solo com mais umidade para que ele possa obter uma maior recarga do aquífero freático, reduzindo, assim, a amplitude de vazão máxima e mínima nos corpos d'água próximos ao bolsão (GRIEBELER, 2002). Em outras palavras, a construção do bolsão de contenção de águas pluviais nas estradas pode ser uma alternativa de grande importância ambiental. Entretanto, grande parte dos produtores rurais e profissionais não possui fácil acesso para efetuar o cálculo/dimensionamento desses bolsões.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo geral

O objetivo geral do trabalho foi desenvolver e testar um aplicativo para o dimensionamento de bolsões de contenção de águas pluviais em estradas de terra, promovendo a preservação e a conservação do solo e a recarga do lençol freático.

### 2.2 Objetivos específicos

- a) Criar/desenvolver um aplicativo para o dimensionamento de bolsões de captação de águas de chuvas e contenção de águas pluviais;
- b) Avaliar a sua aplicabilidade e eficácia no Campo Experimental de Sertãozinho (CEST), da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), em Patos de Minas;
- c) Disponibilizar o aplicativo aos usuários para que possam dimensionar bolsões.

## 3 JUSTIFICATIVA

Objetivou-se, com a realização do presente trabalho, desenvolver e validar um aplicativo que possibilite o dimensionamento de bolsões para captação e contenção de águas pluviais em estradas de terra na zona rural e realizar, em campo, testes para avaliar a eficácia do aplicativo. A realização do presente trabalho foi motivada pela necessidade de desenvolvimento de um software no formato de aplicativo (*App*), efetuando a interface de uma base de cálculo extraída de uma planilha desenvolvida no programa Excel com uma base online que disponibilize dados de altitude, distância entre pontos e largura da estrada, não sendo necessário estar no local para fazer o dimensionamento. Devido à dificuldade de acesso de técnicos e produtores a uma ferramenta de dimensionamento eficiente e de fácil utilização, este será um aplicativo de grande importância para a EPAMIG, pois contribuirá para a agilidade e eficácia dos dimensionamentos dos bolsões.

Conforme o objetivo proposto, a intenção do desenvolvimento do trabalho em forma de aplicativo foi viabilizar uma ferramenta para que, de forma simples, o usuário possa realizar o dimensionamento simplificado e otimizado de bolsões de contenção de água. A ideia é totalmente voltada para a sustentabilidade, colaborando com o meio ambiente com uma prática sustentável de conservação do solo e recarga de lençol freático que trará diversos benefícios aos locais de construção dos bolsões, por exemplo, conservação da estrada,

recuperação de área degradada por erosão, maior infiltração da água no solo, dentre muitos outros.

O presente projeto está inserido nos objetivos 6, 9, 12, 13 e 15 dos Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS) (Figura 1) instituídos pela Organização das Nações Unidas (ONU), que possui um apelo universal para proteger o Planeta e garantir que todas as pessoas tenham dignidade (ONU, 2021):

- Água e saneamento: a construção de bolsões auxilia no surgimento de nascentes.
- Inovação e Infraestruturas: o aplicativo é um modelo de inovação que traz muitos benefícios, como redução da erosão ao local de construção, possibilitando maior duração potencial das estradas rurais.
- Produção e consumos sustentáveis: a ideia é que o bolsão contribua com o local onde for inserido, podendo propiciar melhor qualidade de vida e meios de produção, por exemplo, como auxiliar da recarga de água para uso agropecuário.
- Combater alterações climáticas: com a recarga do lençol freático, reduz-se a amplitude de vazão máxima e mínima nos corpos d'água próximos aos bolsões.
- Ecossistemas terrestres e biodiversidade: mantêm o equilíbrio ambiental de conservação do solo e da água.

**Figura 1:** Objetivos de Desenvolvimento Sustentável (ODS)



**Disponível em:** <<http://www.agenciaminas.mg.gov.br/sala-de-imprensa/feam-apresenta-proposta-de-observatorio-de-objetivos-de-desenvolvimento-sustentavel>> Acesso em 25 mar. 2021.

## 4 HIPÓTESES

A realização do trabalho foi pautada nas seguintes hipóteses:

- a) O desenvolvimento de um aplicativo para dimensionar bolsões de contenção de água de chuva é tecnicamente viável;
- b) Os cálculos estimam adequadamente a realidade em campo.

## 5 REFERENCIAL TEÓRICO

### 5.1 Processos erosivos

O solo é um recurso natural que tem um grande papel no ecossistema, e ele acaba sofrendo diversas formas de degradação, dentre as quais, a erosão hídrica pode ser considerada a mais maléfica (SILVA; SCHULZ; CAMARGO, 2004).

A erosão ocorre na superfície do solo, retirando sua parte mais fértil e de melhor condição para o crescimento e desenvolvimento das plantas. Pavimentadas ou não, as estradas sofrem pela ação das águas, e a erosão se inicia com o impacto das gotas de chuva e se intensifica com o escoamento superficial, sendo caracterizada em três fases: desagregação, transporte e deposição (HUDSON, 1995). O Brasil, por ser um país tropical, apresenta concentração das chuvas em alguns meses, deixando o solo mais suscetível a erosões (BAHIA; CURI; CARMO, 1992).

As estradas não pavimentadas são as que mais sofrem com a erosão, necessitando de constante manutenção, a fim de evitar buracos e formações de sulcos, que, posteriormente, podem vir a se tornar voçorocas. Voçorocas são escavações que o solo sofre devido ao escoamento da água, dificultando ou até mesmo impedindo o tráfego de veículos, sendo esse um dos impactos sociais. Esse fenômeno é agravado pelas atividades antrópicas não planejadas, alterando o comportamento hidrológico, sendo tais impactos associados principalmente à falta de práticas conservacionistas no solo (GUERRA *et al.*, 1999).

A erosão e a degradação também são intensificadas em locais com ausência de vegetação, nos quais acabam sendo reduzidas a infiltração e a recarga de lençóis freáticos. Dessa forma, com a vegetação presente no local, a captação estratégica dessa água favorece a infiltração e a evapotranspiração, reduzindo a quantidade de água que escorre superficialmente (NISHYAMA, 1995).

Para Bertoni e Lombardi Neto (1999), a precipitação é um dos fatores de grande importância na erosão dos solos (intensidade x duração x frequência da chuva), sendo a intensidade o fator mais relevante. As pancadas de chuvas são formas agressivas de impacto da água no solo, sendo mais drásticas quanto maiores forem a duração e a frequência.

Dessa forma, é de suma importância elaborar um planejamento escolhendo-se os métodos e práticas em função dos aspectos ambientais e socioeconômicos do local, sendo necessário adotar medidas simultâneas de práticas conservacionistas (GUERRA *et al.*, 1999). Essas práticas para amenização da erosão do solo são conhecidas como terraceamento, escoamento e criação de bolsões de contenção de águas de chuva (BARROS, 2000).

## 5.2 Impactos ambientais causados pela erosão do solo

Alternativas e práticas sustentáveis para amenizar impactos relacionados à erosão do solo favorecem diretamente os moradores locais e toda a população no entorno, sem contar os inúmeros benefícios ao meio ambiente. Dentre os benefícios, podem ser citados os econômicos, como o aproveitamento da água infiltrada; os sociais, como a redução de enchentes; e os ambientais, como a redução dos processos erosivos, de assoreamento e de degradação (SOUZA, 2005).

Um dos impactos negativos causados pela erosão é a perda do solo, causando sua infertilidade. Com essa perda, os produtores agrícolas locais acabam tendo prejuízos, pois o solo torna-se improdutivo, sendo necessário um custo maior para nutri-lo (ABRÃO *et al.*, 1979).

Outro impacto provocado pela erosão é a movimentação de partículas, que ocorre devido ao escoamento superficial, conhecido como assoreamento, que eleva os níveis de turbidez da água, impedindo que a luz atravesse a lâmina d'água, impactando e alterando a vida da fauna e da flora aquática local (PISSARRA *et al.*, 2005).

Conforme Carvalho *et al.* (2000), o aumento dos processos erosivos reduziu drasticamente o tempo útil das hidrelétricas por causa do aumento de sedimentos e partículas que, conseqüentemente, reduzem a capacidade de armazenamento da água no reservatório.

Em decorrência desses e de outros impactos negativos, faz-se necessário realizar estudos e desenvolver tecnologias para que tal problema seja minimizado.

### 5.3 Bolsão de contenção

Bolsões de contenção, ou barraginhas, são pequenas bacias que têm a função de reter a água, auxiliando na redução da erosão do solo, colaborando com o reabastecimento do lençol freático e proporcionando infiltração rápida entre uma chuva e outra (BARROS, 2000).

Quanto mais rápida a infiltração da água no solo, mais eficientes serão os bolsões, sendo aptos a reter mais água das próximas chuvas. Todo curso hídrico próximo aos bolsões será reabastecido, oferecendo à população do entorno condições para uma agricultura de qualidade, aumentando a renda familiar. Além disso, tais vantagens se estendem para as feiras locais, comércio, saúde e bem-estar da população local (EMBRAPA, 2009)

As barraginhas construídas às margens das estradas para captação e detenção da água que escoar pelo leito vêm sendo utilizadas como técnica de manejo e conservação do solo e da água, principalmente no controle de erosão em estradas. Programas como o “Produtor de Águas”, da Agência Nacional de Águas (ANA), utilizam essa técnica para o controle do escoamento superficial da água em estradas e para o favorecimento da infiltração da água pluvial no solo (PIRES; SOUZA, 2013).

O período ideal para construção dos bolsões é na época mais úmida do ano, que inicia após as duas primeiras chuvas (outubro) e continua até 4 a 5 meses após o encerramento do período chuvoso. Nessas condições, são mais fáceis o manejo e o manuseio do solo. Não se deve construir um bolsão de contenção em cursos de águas perenes, em Áreas de Preservação Permanente (APP), interior de voçorocas, grotas no formato de V e em terrenos com inclinação acima de 12% (exceto em terrenos retangulares). Os bolsões podem ter diversos formatos: circular, semicircular e/ou retangular. Os bolsões em formato circular e semicircular são implantados em regiões com inclinação inferior a 12%, dispersos em áreas de plantio, pastagem e beira de estradas. Os retangulares são feitos em curva de nível e indicados para áreas com inclinação entre 12% e 20% (EMBRAPA, 2009).

### 5.4 Desenvolvimento de aplicativo

Atualmente, a população busca cada vez mais adquirir serviços/produtos com práticas sustentáveis e conservacionistas, e isso vem chamando a atenção de grandes empresas para que promovam cada vez mais tecnologias favoráveis ao meio ambiente, vindo ao encontro do significado de Desenvolvimento Sustentável (KIRON *et al.*, 2012).

A ideia é que, com o passar do tempo, a educação ambiental esteja mais presente na sociedade e na indústria de consumo, resultando na prática da sustentabilidade de forma natural. Para tanto, é de suma importância criar soluções práticas e tecnológicas para o mundo moderno com medidas sustentáveis (ELKINGTON, 2001).

O uso de aplicativos na área de meio ambiente vem crescendo em larga escala, auxiliando a pegada verde e proporcionando agilidade e precisão aos profissionais da área e a empresas. Com o mundo cada vez mais conectado, serviços digitais são mais frequentes, com novas demandas surgindo a cada instante, e na área ambiental não é diferente (FIGUEIREDO; SILVA; COSTA, 2011).

O termo aplicativo, abreviado como *App*, refere-se a um software que pode ser acessado por meio de computadores, celulares, *tablets*, entre outros. Sua facilidade de acesso é impressionante, sendo uma forma inteligente de facilitar a vida atual tendo o controle na palma da mão e uma ferramenta de acordo com a necessidade do usuário (EDUCAUSE, 2010).

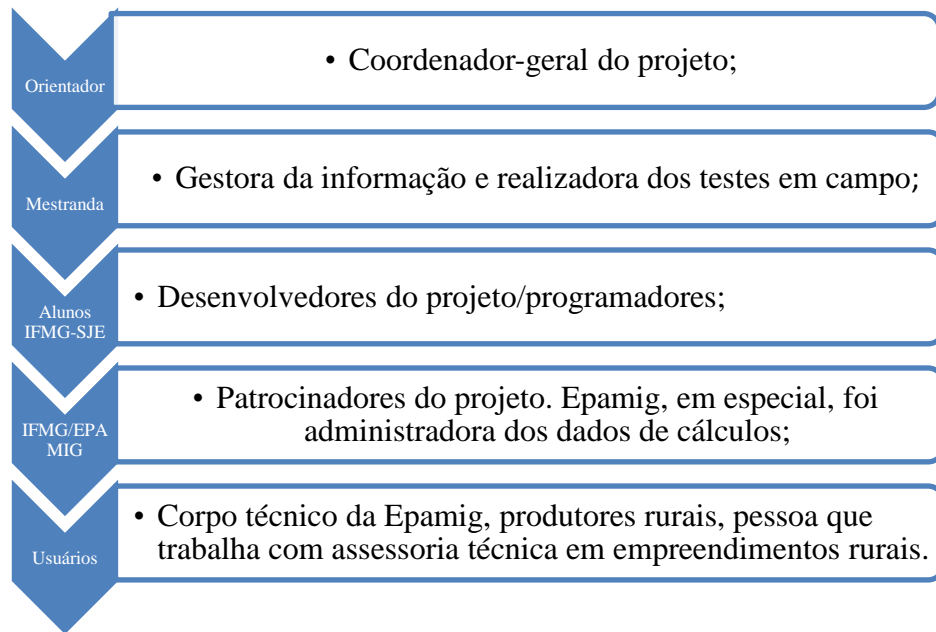
Um dos principais objetivos dos desenvolvedores de *App* é tornar seu aplicativo disponível para o maior número de usuários possível. O ciclo de desenvolvimento do aplicativo móvel consiste na análise da ideia, projeto da interface, desenvolvimento utilizando as ferramentas e linguagens de programação da plataforma na qual será utilizado, testes e publicação na loja para sua divulgação (EL-KASSAS *et al.*, 2017).

Sendo assim, muitos desenvolvedores vêm optando por *frameworks* multiplataformas, com o propósito de desenvolver o aplicativo somente uma vez. Um dos facilitadores de desenvolvimento para dispositivos móveis mais utilizados no mercado é o *Flutter*, principalmente por não ter custos. O desenvolvimento é totalmente orientado ao *design*, e os *widgets* são os blocos básicos de interface (FLUTTER, 2018).

No seu funcionamento, usam-se *widgets* para definir elementos estruturais como os menus; estilo, como cores; e aspectos de layouts. Além disso, facilita a criação de *widgets*. Ele é desenvolvido em *Dart*, que é o mais padrão (FLUTTER, 2018).

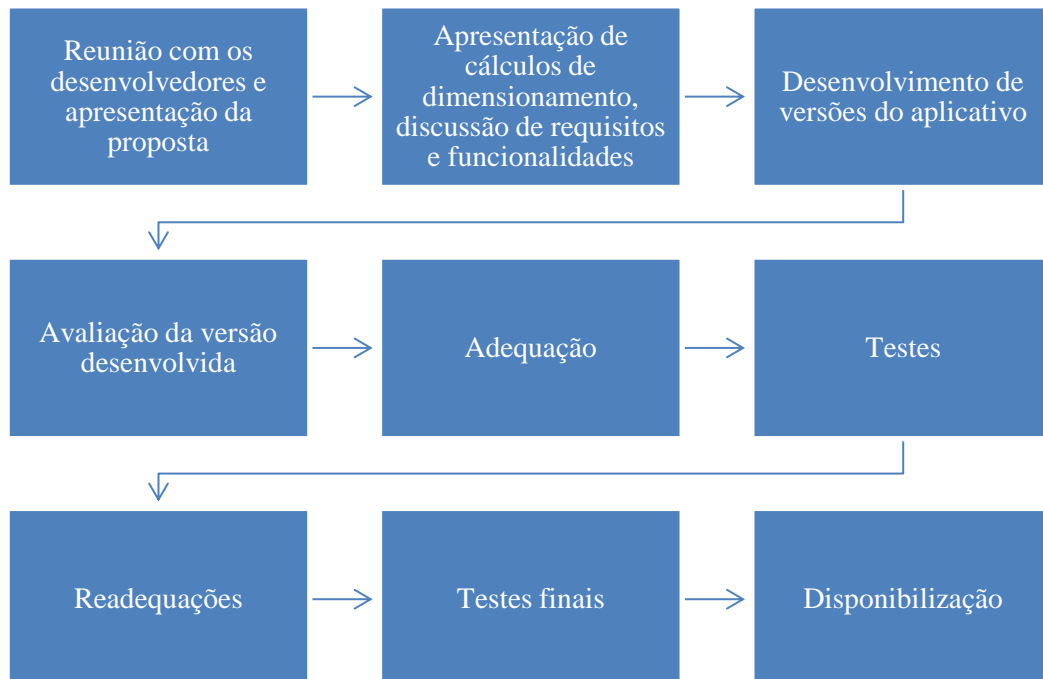
## 6 MATERIAIS E MÉTODOS

Para a criação e o desenvolvimento do aplicativo CalcuLand, inicialmente, foram definidas as funções dos membros da equipe que atuariam no projeto, de acordo com o organograma (Figura 2)

**Figura 2:** Atuação da equipe técnica

**Fonte:** do próprio autor (2022)

Após a atribuição das funções dos membros da equipe, foram realizadas várias etapas de desenvolvimento do aplicativo, com o objetivo de ordenar o desenvolvimento da ferramenta (Figura 3).

**Figura 3** – Etapas do desenvolvimento do aplicativo CalcuLand

**Fonte:** do próprio autor (2022)

Para a criação do aplicativo, empregou-se a metodologia de cálculo de bolsões desenvolvida pelo pesquisador da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais (EPAMIG), unidade de Patos de Minas, o doutor Maurício Antônio de Oliveira Coelho, que desenvolveu uma rotina em uma planilha do Excel com os estimadores para o dimensionamento dos bolsões (COELHO, 2014) A planilha já é utilizada e aplicada na EPAMIG. Adicionalmente, o aplicativo também utiliza valores de parâmetros obtidos na base de dados do *Google Maps* (altitude, declividade, distâncias entre pontos). O *Google Maps* possui a capacidade de gerar mapas bidimensionais e obter imagens de satélite das estradas, com os dados dos parâmetros citados anteriormente, possibilitando o auxílio no dimensionamento de bolsões.

OBS.: para iniciar a seleção de pontos inicial e final, é de extrema importância verificar a declividade do terreno, levando-se em consideração a declividade uniforme do trecho.

A metodologia obedece ao seguinte procedimento, descrito em Oliveira (2011) e PROGRAMA... [201-?]:

Passo 1: definir os pontos inicial e final; dessa forma, será calculada a diferença de nível (DN) de um ponto ao outro.

$$\text{DN} = \text{Ponto B} - \text{Ponto A}$$

Passo 2: Cálculo da diferença horizontal (DH) do ponto A ao B (m).

$$\text{DH}^2 = \text{DP}^2 - \text{DN}^2$$

Passo 3: Cálculo da declividade em %

$$D (\%) = (\text{DN} * 100) / \text{DH}$$

Passo 4: Cálculo do espaçamento horizontal (EH) em metros. O K é a resistência do solo à erosão hídrica (erodibilidade), sendo uma constante que oscila conforme o tipo de solo, e o tipo de solo vai variar de região para região (Tabela 1).

Tabela 1 – Valores de resistência do solo à erosão hídrica (K), de acordo com o tipo de solo

Tipo de solo	Valor de K
Latossolos	1,25
Argissolos	0,90
Cambissolos	0,75

$$EH = 45,18 * K * D - 0,42$$

Passo 5: Cálculo do espaçamento vertical (EV), em metros.

$$EV = 0,4518 * K * D * 0,58$$

Passo 6: Número de bolsões ao longo do trecho:

$$N^{\circ} \text{ de Bacias} = DHAB / EH$$

Para se ter um número inteiro de bolsões, é usado arredondamento.

Passo 7: Espaçamento entre bolsões (EBT). Para saber quantos metros um bolsão deve ter de distância de outro, usa-se a fórmula:

$$EBT = DP / N^{\circ} \text{ Bacias}$$

Passo 8: Capacidade de contenção do bolsão. É muito importante saber o volume de enxurrada (VE), em metros cúbicos (m<sup>3</sup>), que o bolsão irá comportar, e, para isso, emprega-se a fórmula abaixo. O I corresponde à intensidade de chuva, em milímetros. Para essa informação, recomenda-se utilizar o dia de maior índice pluviométrico nos últimos 30 anos.

$$VE = EH * L * I$$

Passo 9: Cálculo da profundidade do bolsão (P), em metros. É obtida em função do volume da enxurrada (VE) previamente calculado.

$$P = (VE / 6,52)^{1/3}$$

Passo 10: Cálculo do raio de cada bolsão (R), em metros.

$$R = 2,41 * P$$

Passo 11: Volume da bacia (VB), em metros cúbicos.

$$VB = 3,14 * P^2 * (R - (P/3))$$

Onde:

DP = distância entre pontos

EV = espaçamento vertical entre bacias (diferença de nível), em m;

EH = espaçamento horizontal entre bacias, em m;

K = fator de resistência do solo à erosão, adimensional;

D = declividade, em %.

EH = espaçamento entre bacias, em m;

L = largura da estrada, em m;

I = intensidade da chuva em 24 h, em mm.

VB = volume bacia

P = profundidade

R = raio

LE = largura da estrada

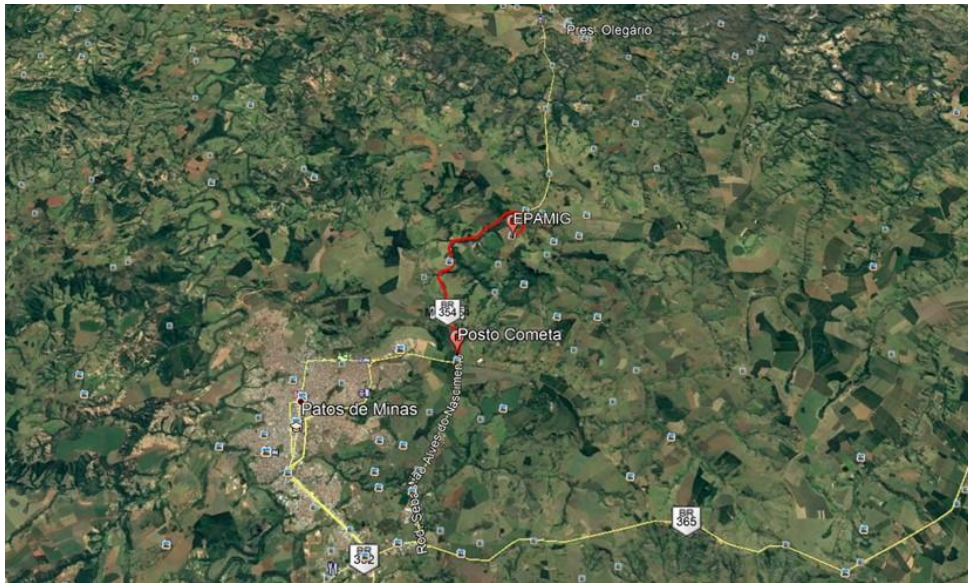
Todos os procedimentos de cálculo citados acima foram inseridos na programação pelos desenvolvedores do sistema, de modo que atuem em conjunto com o *Google Maps*. Dessa forma, foi realizada a prototipagem na ferramenta *Figma*, que é gratuita.

O *Google Maps* foi inserido na programação com a finalidade de buscar a localização do usuário e entregar os dados de altitude (juntamente com o API do *Google*), declividade e distância entre pontos.

Após a prototipagem, foi iniciada a parte do desenvolvimento da aplicação, que consistiu em implementar as funcionalidades requeridas para o aplicativo e sua interface, finalizando, desse modo, o aplicativo, efetuando-se os testes de funcionalidade.

Foram realizados testes em campo para verificar a aplicabilidade e a eficiência do aplicativo e também para possibilitar o seu aperfeiçoamento. Os testes iniciais foram executados em diversos locais, tendo a planilha desenvolvida por Coelho (2014) como suporte para confirmação dos resultados. O aplicativo passou por seis versões até chegar à versão final, cujo teste foi realizado no dia 24 de setembro de 2022, no Campo Experimental de Sertãozinho, de propriedade da Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais - EPAMIG, em Patos de Minas - MG, localizado na Rod. Patos/Presidente Olegário, km 18, no Distrito de Sertãozinho - Zona Rural, coordenadas latitude 18°32'23.74"S e longitude 46°27'27.58"O (Figura 4).

Para o teste final de validação, efetuou-se a obtenção dos dados em uma estrada do campo experimental, realizando-se o cálculo por meio do aplicativo e também mediante a planilha da Epamig. Os resultados dos cálculos via planilha e via aplicativo foram comparados com o objetivo de verificar a exatidão do aplicativo desenvolvido e a correta implementação do código.

**Figura 4:** Localização da área de estudo

**Fonte:** Google Earth (2021)

## 7 RESULTADOS

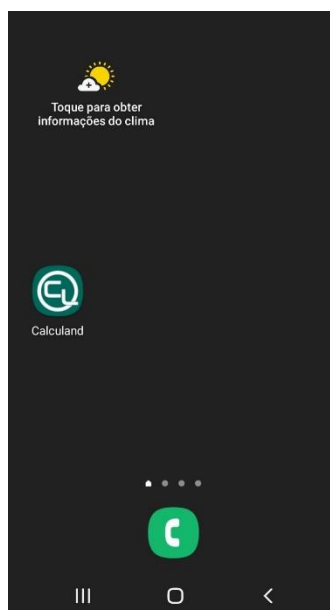
O aplicativo para o dimensionamento de bolsões para captação e contenção de águas pluviais desenvolvido foi denominado CalcuLand. A linguagem empregada para implementação foi *Dart*, um código aberto sem exigência de licença ou custos no qual se desenvolvem aplicativos móveis híbridos, utilizando-se códigos comuns com funcionalidades simples (BISSON, 2016). O aplicativo foi desenvolvido e disponibilizado para dispositivos *Android*.

Todas as etapas de desenvolvimento do aplicativo foram realizadas em conjunto, realizando-se reuniões periódicas de mudanças e aprimoramento (APÊNDICE A). Desde o entendimento da equipe acerca da função do aplicativo, nome, melhoramento e facilidades ao usuário, todos os processos foram efetuados de forma participativa e colaborativa, tendo como gestora da informação a mestranda.

### 7.1 Usabilidade e layout de apresentação

O aplicativo desenvolvido pode ser considerado de fácil utilização. Para uso do aplicativo CalcuLand, são necessários o download e a instalação em aparelho com a plataforma *Android*. Após a instalação, o ícone de inicialização poderá ser visualizado na tela inicial do aparelho (Figura 5).

**Figura 5** – Ícone de inicialização do aplicativo Calculand na tela inicial de smartphone.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

A tela inicial do aplicativo (Figura 6) mostra os projetos salvos, que podem ser editados, caso existam. Por meio dessa tela, é possível pesquisar projetos, adicionar novos, acessar os resultados de cada projeto salvo ou o menu (Figura 7).

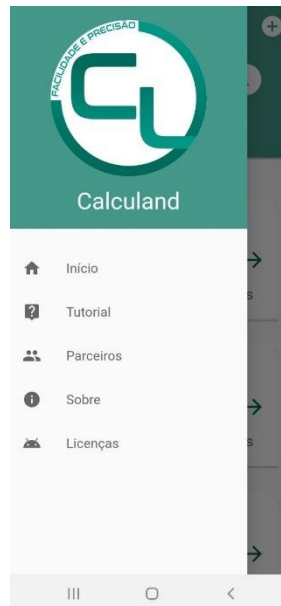
Na tela do Menu, há ícones que possibilitam ir para a tela inicial, acessar um tutorial, acessar a lista de participantes, obter informações sobre o aplicativo e sobre as licenças utilizadas.

**Figura 6** – Tela inicial do aplicativo Calculand, exibindo os projetos salvos.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

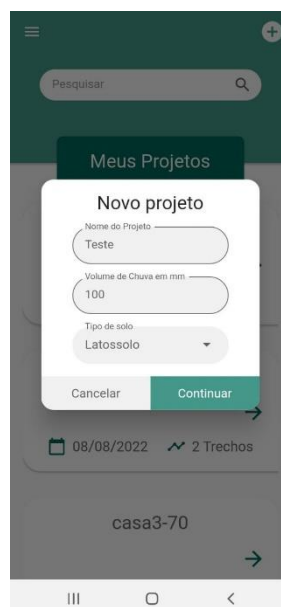
**Figura 7** – Tela Menu do aplicativo Calculand.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

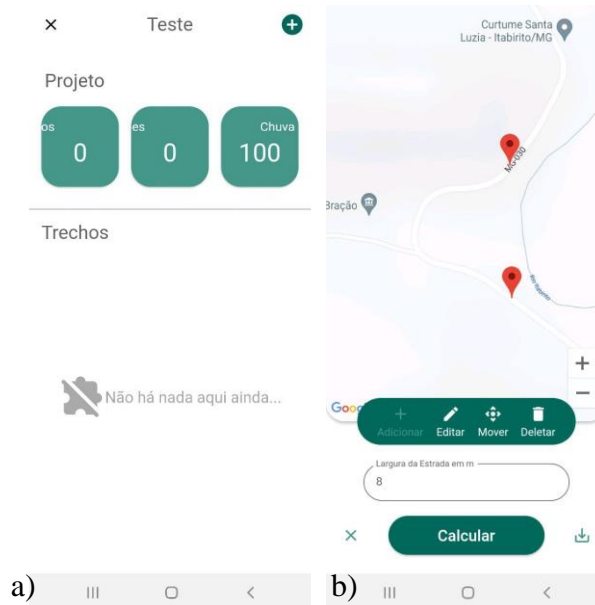
Para incluir um novo projeto no Calculand, o usuário deve atribuir um nome ao projeto e inserir os dados de volume de chuva da região (pico mais alto), que são encontrados facilmente no Instituto Nacional de Meteorologia – INMET. Depois, o tipo de solo, descoberto mediante pesquisa online ou também por análise de solo (Figura 8). Em seguida, o usuário deve adicionar os pontos A e B (pontos inicial e final da estrada escolhida para dimensionar os bolsões), adicionar a largura da estrada e clicar em calcular (Figura 9).

**Figura 8** – Tela de inserção de novos projetos no aplicativo Calculand.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

**Figura 9** – Telas de inserção de informações de localização do projeto, largura da estrada e solicitação de cálculo do número de bolsões. Tela de abertura para inserção da localização (a) e tela para inserção da largura da estrada e cálculo do número de bolsões (b).



**Fonte:** do próprio autor (2022)

O aplicativo fornecerá um relatório de dimensionamento contendo: número de bolsões, distância entre eles, raio, profundidade e volume (Figura 10). Na mesma tela, são exibidas as informações de entrada do tipo de solo e localização dos pontos, sendo ainda fornecida a declividade.

**Figura 10** – Tela de resultados do aplicativo CalcuLand.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

Alguns dados, como tipo de solo e precipitação, são fáceis de serem encontrados mediante busca numa plataforma online de pesquisa. Já a largura da estrada pode ser medida com algum instrumento de fácil utilização, como trenas manuais ou eletrônicas, por aplicativos ou também por meio do *Google Earth*.

No teste em campo, executado na fazenda da EPAMIG (Figura 11), os resultados obtidos no aplicativo (Figura 12) foram compatíveis com os obtidos pela planilha (Figura 13).

**Figura 11:** Local onde foi realizado o teste de campo



**Fonte:** do próprio autor (2022)

Tal resultado mostra que o aplicativo, que possui os mesmos estimadores utilizados na planilha em seu código, foi adequadamente desenvolvido e funciona satisfatoriamente, atendendo às exigências do projeto e atingindo os objetivos propostos. Testes adicionais em outras localidades foram realizados, e os resultados estão disponíveis no APÊNDICE B.

**Figura 12:** Teste realizado no aplicativo

**Fonte:** do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig (Figura 13).

**Figura 13:** Teste realizado na planilha disponibilizada pela Epamig

Arquivo   Página Inicial   Inserir   Layout da Página   Fórmulas   Dados   Revisão   Exibir   Ajuda   Diga-me o que você deseja fazer																	
Área de Transferência   Fonte   Alinhamento   Número   Formatação Condicional   Estilos   Estilos de Tabela   Estilos de Célula   Inserir   Excluir   Formatar   Classificar e Filtrar   Localizar e Selecionar   Edição																	
O6   =SOMA(N6/6,52)^(1/3)																	
	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q
1	PROJETO BOLSÕES CEST																
2																	
3	TRECHO 1   NTIAGO / ESTRADA TERRA																
4	TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB
5		m	m	m	m	%	m	m				m	m3	m	m	m3	
6	PO - P1	662,74	949	946	3	662,7	0,5	78,5	0,4	8,4	8	78,5	7,0	384,7	3,89	9,38	384,7

**Fonte:** do próprio autor (2022)

O CalcuLand consegue deixar salvos os bolsões que já foram dimensionados, criando, dessa forma, um histórico de dimensionamentos, podendo, inclusive, ser editados.

Devido ao fato de o aplicativo ainda estar em fase inicial de registro, sua usabilidade foi avaliada apenas pela equipe de desenvolvimento e o orientador do projeto, não sendo encontradas dificuldades no uso da ferramenta.

## 8 DISCUSSÃO

Atualmente, o Brasil tem mais de um *smartphone* por habitante, sendo que as vendas desses aparelhos em 2021 tiveram um crescimento de 27%. Esses aumentos afetam diretamente a saúde, a sociedade e a educação. Essa tecnologia se estende também para a zona rural, onde já estão utilizando aplicativos que facilitam e entretêm o dia a dia e a comunicação com pessoas que estão distantes (FGV, 2021).

Segundo Oliveira *et al.* (2018), essa democratização do uso da internet e do *smartphone* em áreas mais remotas auxilia principalmente na democratização da informação e possibilidade de acesso a dados. Hoje, temos uma carência de aplicativos que disponibilizam fontes de dados e ferramentas de auxílio em campo, o que demonstra a necessidade do desenvolvimento de novas aplicações, trazendo mais relevância para as tecnologias no meio rural. Os aplicativos móveis contêm também banco de dados que ficam instalados na memória do celular, muitas vezes, não sendo necessário o uso de internet para acesso aos dados.

O uso de tecnologias computacionais na realização de tarefas complexas, como no dimensionamento de bolsões de captação de águas pluviais, proporciona grande agilidade para as etapas de cálculo e análise de dados coletados em campo, reduzindo o tempo gasto com cálculos e também democratizando a informação. O uso do geoprocessamento é uma das alternativas na caracterização de informações geográficas das áreas de implantação de bolsões de captação de águas pluviais. O uso de imagens de satélite e produtos morfométricos, junto com as técnicas de geoprocessamento, permite caracterizar a área das barraginhas e suas características distintas de região para região (MORAES *et al.*, 2019).

Conforme Mattos e Paula (2017), o geoprocessamento une a ciência e a técnica, permitindo a busca de informações de maneira ágil e com pouco custo, trabalhando, inclusive, com grandes áreas de terras, entendendo melhor a distinção de cada local.

Penna *et al.* (2020), em seu trabalho de monitorar áreas de barraginhas, observaram que houve o armazenamento de água durante todo o tempo de acompanhamento, comprovando a eficiência na infiltração de água no solo. Os autores usaram o “método racional” para cálculo de escoamento superficial, juntamente ao método do Número da Curva, inicialmente desenvolvido pelo Departamento de Agricultura dos Estados Unidos (BERTONI; LOMBARDI NETO, 2014; PRUSKI, 2009).

Aragão *et al.* (2019) recomendam a manutenção dos bolsões a cada cinco anos, tendo como base o comportamento da dimensão do raio e profundidade. Quanto à sua eficácia,

quanto maior a infiltração, maior será a eficiência do bolsão, e isso é excelente para o produtor rural, que pode aproveitar a umidade do solo para o cultivo de lavouras isoladas, auxiliando na manutenção da pastagem mais verde (PIRES; SOUZA, 2013).

Conforme Pruski (2009), apesar do uso dos bolsões ser uma prática empregada nos últimos anos, não há uma metodologia-base para dimensionamento; todavia, existem diversas formas de cálculo válidas.

Por fim, Assis *et al.* (2017) ressaltam a importância de se implantar medidas de proteção do solo e da água, principalmente em locais de alto declive e de desgaste intenso por uso antrópico, sendo também possível utilizar outros manejos em conjunto para melhores resultados na conservação do solo e água, por exemplo, a recuperação de nascentes.

## **9 PRODUÇÃO TÉCNICA E TECNOLÓGICA**

Após os testes em campo e finalização do aplicativo, elaborou-se um manual de uso do aplicativo desenvolvido, em forma de cartilha, mostrando toda a sua funcionalidade, dando melhor suporte aos usuários.

O aplicativo se enquadra na linha de pesquisa Tecnologias Ambientais. A principal vantagem do aplicativo é disponibilizar o acesso de forma gratuita para realizar o cálculo/dimensionamento de bolsões de contenção de águas pluviais em estradas rurais. Sendo de fácil manuseio e ainda contendo um manual de usuário.

Os bolsões de contenção já são utilizados no Brasil, mas em geral, os cálculos são feitos manualmente ou com auxílio de planilhas eletrônicas que demandam a entrada de todas as informações necessárias. O aplicativo e seu manual constituem uma ferramenta para cálculo prático, fácil, rápido e sem viés dos bolsões. A construção de bolsões traz impactos reais positivos, como reabastecimento do lençol freático, surgimento de nascentes, minimiza a erosão no solo, entre outros.

Além disso o app não gera impactos negativos. O uso do aplicativo facilitará o dimensionamento de bolsões de contenção de águas pluviais, reduzindo tempo necessário de cálculo e conseqüentemente custos. A construção de bolsões tem como benefícios o aproveitamento da água infiltrada, a redução de enchentes, a redução dos processos erosivos, a redução de assoreamento e da degradação do solo e dos recursos hídricos.

A produção técnica, aplicativo e manual, pode ser acessada no endereço <https://drive.google.com/drive/folders/1J3gWwRYih9lb3NQZ53bHBKfZQPfDGERQ?usp=sharing>.

O software foi desenvolvido atendendo uma demanda da EPAMIG. Para desenvolver, partimos de um procedimento de cálculo já utilizado pelo Maurício Coelho da EPAMIG. Para realizar os códigos contamos com o apoio dos estudantes do IFMG Campus São João Evangelista, e após finalização realizamos testes até chegar na versão final.

Alguns pesquisadores da Epamig irão fazer uso do software, notadamente os que trabalham com bolsões de contenção de água. Além da Epamig outras pessoas poderão fazer uso do mesmo, principalmente prefeituras, produtores rurais, entre outros.

Quanto aos direitos autorais, é de todos que participaram do projeto, desde desenvolvimento dos cálculos até a avaliação final de teste.

## **10 CONCLUSÃO**

Após a conclusão do desenvolvimento do aplicativo para dimensionar bolsão de contenção de água de chuva e vários testes em campo, inclusive na EPAMIG, concluiu-se que o aplicativo CalcuLand é tecnicamente viável.

Todos os cálculos executados coincidiram com a realidade em campo, e foram realizados simultaneamente testes com o aplicativo e também com a planilha de cálculos da EPAMIG, para comprovação de sua eficácia.

O aplicativo é de fácil manuseio para o usuário e conta, ainda, com o manual de usuário para dar suporte ao uso, sendo um dos produtos técnicos da dissertação.

## **11 CONSIDERAÇÕES FINAIS**

Considerando-se que grande parte da erosão causada em propriedades rurais é decorrente de enxurradas, o aplicativo CalcuLand veio para ajudar a solucionar os problemas de erosão do solo, situação frequentemente encontrada nas propriedades rurais atualmente. A construção de bolsões de contenção de água pluvial, além de ter baixo custo, traz benefícios para a propriedade onde são construídos, como manutenção da umidade do solo e armazenamento de água.

Após os testes em campo realizados em diferentes locais, pôde-se comprovar a eficácia do aplicativo, trazendo o dimensionamento de forma simplificada ao usuário. Sua interface simples e de fácil manuseio torna o uso viável a toda a população apta a utilizar um

*smartphone*. O aplicativo passou por várias versões até serem solucionados os erros encontrados, não tendo sido observados erros na versão final disponibilizada.

Uma forma interessante de aprimoramento do aplicativo CalcuLand seria a obtenção direta das informações de dados meteorológicos do local de interesse e também o tipo de solo. Dessa forma, o usuário não teria a necessidade de ir em busca da informação. Tal funcionalidade não foi possível de ser inserida, pois não se conseguiu incluir essas informações na base de dados devido a não ter sido encontrado o API. Os APIs, *Application Programming Interface* (Interface de Programação de Aplicação), são mecanismos que fornecem informações para o aplicativo. Neste caso, o sistema de software do instituto meteorológico ou dos tipos de solo contém esses dados e forneceria para o aplicativo, auxiliando na integração e padronização de formatos e também no compartilhamento (GUILLAUD, 2011).

O aplicativo CalcuLand confirmou todas as hipóteses questionadas no presente trabalho, sendo tecnicamente viável desenvolver um aplicativo para dimensionar bolsões e seus cálculos serem adequados à realidade em campo, além de ser fácil o manuseio pelo usuário. Com as ferramentas disponibilizadas, o usuário pode ir a campo e coletar dados de localização ou pesquisar o local desejado, mesmo de longe. Os interessados no aplicativo podem também ter acesso aos dimensionamentos salvos já realizados, tendo opção de editar as informações.

Por fim, o aplicativo demonstrou, em todos os testes, que seu dimensionamento é correto, tendo como contraprova a planilha da EPAMIG, a qual já é utilizada para dimensionar bolsões de contenção de águas pluviais. Essa prática conservacionista do solo traz muitos benefícios ao meio ambiente, sendo de grande importância ao local onde é inserida.

## REFERÊNCIAS

ABRÃO, P. U. R.; GOEFERT, C. F.; GUERRA, M.; ELTZ, F. L. F.; CASSOL, E. A. **Efeitos de sistema de preparo do solo sobre características de um Latossolo Roxo distrófico**. R. Bras. Ci. Solo, 3:169-172, 1979.

ARAGÃO, V.R.; BRITO, A. F.; SOUZA, A. C. S; VERSIANI JR, E. R. (2019a). Avaliação do funcionamento de barraginhas em solos de textura média e Arenosa. **Revista Internacional de Ciências**, 9, (2), 115-126. Disponível em: <<https://www.e-publicacoes.uerj.br/index.php/ric/article/view/40585/30380>> Acesso em: 18 nov. 2022.

ASSIS, A. P. A. O., GIONGO, P. R., TAVEIRA, J. H. S., & PESQUERO, M. A. (2017). Susceptibilidade erosiva da bacia hidrográfica do córrego da Formiga, Quirinópolis/GO. **Revista Espacios**, v. 38, p. 1-10.

BAHIA, V. G. CURI, N.; CARMO, D. N. Fundamentos da erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 16, n. 176, p. 25-31, 1992.

BARROS, L. C. de. Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas. Sete Lagoas: Embrapa Milho e Sorgo, 2000.16 p. (**Embrapa Milho e Sorgo**. Circular Técnica, 2).

BERTONI, J., LOMBARDI NETO, F. (2014). **Conservação do solo** (9.ed.). São Paulo: Editora Ícone

BISSON, S. **Write handsome, hybrid mobile apps with Ionic**. 2016. Disponível em: <https://www.infoworld.com/article/2950590/write-handsome-hybrid-mobile-apps-with-ionic.html> Acesso em: 29 outubro. 2019.

CARVALHO, N. O; FILIZOLA JR, N. P.; SANTOS, P. M. C; LIMA, J. E. F. W. **Guia de Avaliação de Assoreamento de Reservatórios**. 1ed. Brasília-DF : ANEEL/SIH, 2000, v.1.p.132.

COELHO, M. A. O. **Cálculos Bolsões** (planilha do Microsoft Excel). Passos, MG. [2014].

EDUCAUSE. **7 Things You Should Know about Mobile Apps for Learning**. 2010. Disponível em: <https://library.educause.edu/resources/2010/5/7-things-you-should-know-about-mobile-apps-for-learning>. Acesso em: 22 jul. de 2021.

EL-KASSAS, W. S.; ABDULLAH, B. A.; YOUSEF, A. H.; WAHBA, A. M. Taxonomy of cross-platform mobile applications development approaches. **Ain Shams Engineering Journal**, Elsevier BV, v. 8, n. 2, p. 163–190, jun 2017. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2090447915001276>. Acesso em: 22 jul. 2021.

ELKINGTON, J. **Canibais com garfo e faca**. São Paulo: Makroon Books, 2001.

EMBRAPA, 2009. **Barraginhas Água de chuva para todos**. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/256599/1/ABCBarraginhasaguadechuvaparatosed012009.pdf> Acesso em: 28 de julho de 2021.

FIGUEIREDO, M. A.; SILVA, O. G.; COSTA, S. R. (2011) “**Programas de Nivelamento de Matemática e Português: M-Learning com Videoaulas**”, In: Congresso Internacional de Educação a Distância - ABED (Associação Brasileira de Educação a Distância), Manaus, 2011.

FLUTTER. **Editor**. 2018. Disponível em: [https://flutter.dev/?gclid=EAIaIQobChMI-vGp\\_6S4-wIVCzORCh3cBApYEAAYASAAEgKGkPD\\_BwE&gclsrc=aw.ds](https://flutter.dev/?gclid=EAIaIQobChMI-vGp_6S4-wIVCzORCh3cBApYEAAYASAAEgKGkPD_BwE&gclsrc=aw.ds). Acesso em: 24 de julho de 2021.

FUNDAÇÃO GETÚLIO VARGAS. **Retrospectiva 2021**: Brasil tem dois dispositivos digitais por habitante, revela pesquisa FGV. Rio de Janeiro, FGV, 2021. Disponível em: <https://portal.fgv.br/noticias/retrospectiva-2021-brasil-tem-dois-dispositivos-digitais-habitante-revela-pesquisa-fgv>. Acesso em: 18 de novembro de 2022.

GRACE III, J. M. Forest road sideslopes and soil conservation techniques. **Journal of Soil and Water Conservation**, Ankeny, v. 55, p. 1-9, 2000.

GRIEBELER, N. P. **Modelo para o dimensionamento de redes de drenagem e de bacias de acumulação de água em estradas não pavimentadas**. Viçosa, MG: UFV, 2002. 121p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, 2002.

GRIEBELER, N. P.; PRUSKI, F. F.; AMORIM, S. S. R.; SILVA, D.D.; SILVA, A.M.J. Controle da Erosão em Estradas Não Pavimentadas. In: PRUSKI, F. F. (Ed) **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica**. Viçosa: UFV, 2006. p. 171-240.

GUERRA, A. J. T.; SILVA, A. S.; BOTELHO, R. G. M. (Orgs.) **Erosão e conservação dos solos: conceitos, temas e aplicações**. 8. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 1999.

GUILLAUD, P. H. **Comprende les interfaces de programmation**. 2011.

IGAM – MG. 2014. **Projeto Barraginhas: Captação de águas da chuva, visando o aumento da disponibilidade da água, promoção do desenvolvimento e da cidadania no meio rural**. Disponível em:

<http://www.igam.mg.gov.br/images/stories/sistemadegerenciamento/CTIG/5.4-projeto-barraginhas-modelo-fhidro-atualizado-2.pdf>. Acesso em: 29 outubro. 2019.

KIRON, D.; KRUSCHWITZ, N.; HAANAES, K.; VELKEN, I. Sustainability Nears a Tipping Point. **MIT Sloan Management Review**. f53. 69-74. 2012.

NISHYAMA, L. **Erosão do solo**. Seminários gerais em geotecnia. São Carlos, SP: USP/E.E.S.C. 1995.

MATTOS, J. B., PAULA, F. C. F. D. Análise geoambiental de uma microbacia hidrográfica no município de Lençóis, Chapada Diamantina (Bahia), Brasil. **Sociedade & Natureza**, 2017 29. n.1, p. 91-107. Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/sn/a/xvQbYhgLGsprzg4xKzsdGGh/#>. Acesso em: 22 jul. 2021.

MORAES, V. H., GIONGO, P. R., ARANTES, B. H. T., COSTA, E. M., VENTURA, M. V. A., CAVALCANTE, T. J., GIONGO, A. M. M. (2019). Evaluation of Precipitation and Evapotranspiration Obtained by Remote Sensing With Meteorological Stations in the State of Goiás. **Journal of Agricultural Science**, v. 11, p. 356-363

ODA, S.; FERNANDES JÚNIOR, J. F.; SÓRIA, M. H. A. **Implantação, localização e manutenção de estradas**. Departamento de Transporte - EESC-USP, Universidade de São Paulo, 2007.

OLIVEIRA, G. S. **Controle de enxurrada em estradas rurais**. 5ª aula teórica (Notas de aula da disciplina Conservação do Solo e Água). UFLA. Lavras-MG. 19 p. 2011.

OLIVEIRA, E. S.; EVANGELISTA, S. R. M.; ROMANI, L. A. S. Aplicativo para consulta interativa e otimizada ao Zoneamento Agrícola de Risco Climático. In: **Embrapa**

**Informática Agropecuária-Artigo em anais de congresso (ALICE).** In: MOSTRA DE ESTAGIÁRIOS E BOLSISTAS DA EMBRAPA INFORMÁTICA AGROPECUÁRIA, 14., 2018, Campinas. Resumos expandidos... Brasília, DF: Embrapa, 2018. p. 63-67.

ONU - Organização das Nações Unidas. **Declaração Universal dos Direitos Humanos da ONU.** Disponível em: <https://brasil.un.org/pt-br/sdgs>. Acesso em :16 nov.2021.

PENNA, L. F. R., BARONY, F. J. A., AMORIM, D. D., SOUZA, J. S., OLIVEIRA JÚNIOR, L. M.; COSTA, G. S. (2020). Produção de água com a aplicação de práticas mecânicas e vegetativas de conservação do solo e água em área de pastagem degradada. **Research, Society and Development**, 9(7), e438974237-e438974237.

PIRES, F. R.; SOUZA, C. M. (2013). **Práticas mecânicas de conservação do solo e da água** (3.ed. Revisada). Viçosa: Editora UFV.

PISSARRA, T. C.; GALBIATTI, J. A.; BORGES, M. J.; ROSALEN, D.; IHA, D. **Avaliação por fotoin-terpretação do uso/ocupação do solo e erosão acelerada em microbacias hidrográficas utilizando sistemas de informação geográfica.** In: Simpósio Brasileiro de Sensoriamento Remoto, 12, 2005, Goiânia. Anais... Goiânia: INPE, 2005. CD-Rom.

PROGRAMA BACIAS JAGUARIÚNA. **Memorial de Cálculo Barraginhas.** 14 p. [201-?].

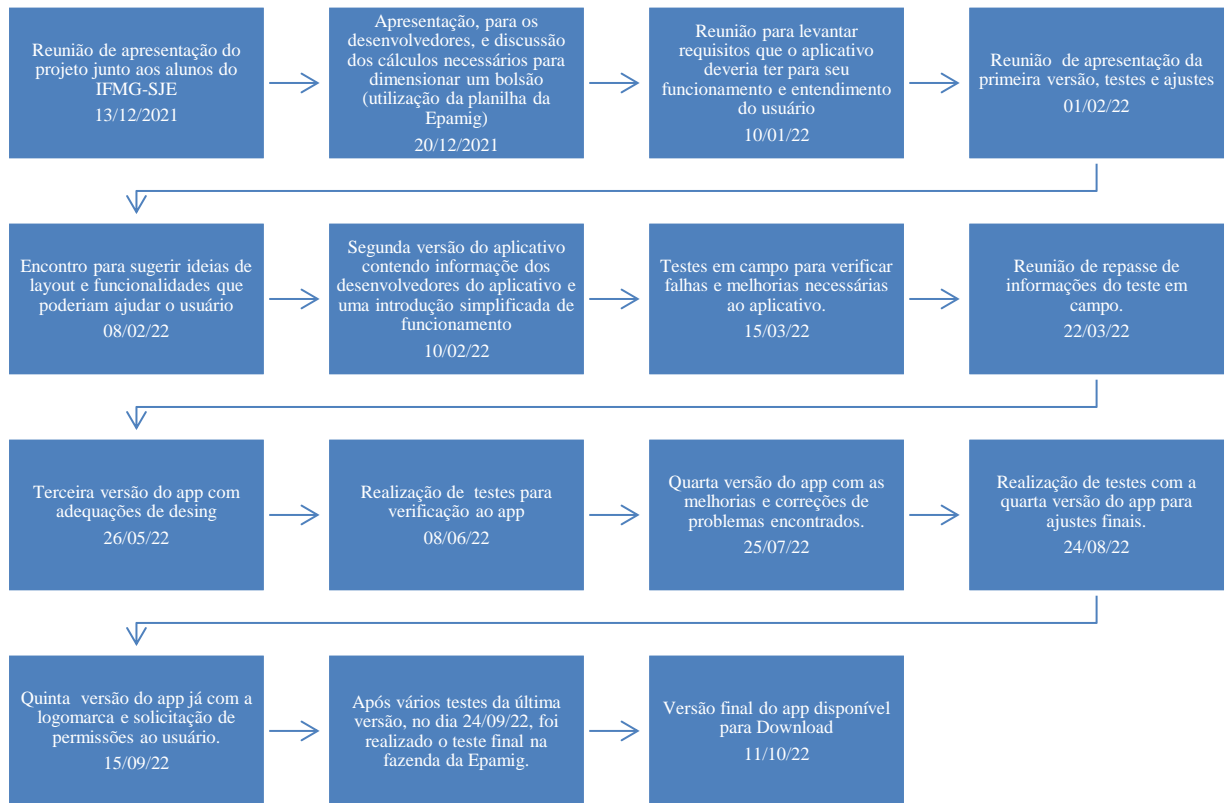
PRUSKI, FF. (2009). **Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica** (2.ed.). Viçosa: Editora UFV.

RIGHETTO, A. M.; MOREIRA, L. F. F.; SALES, T. E. A. de. Manejo de Águas Pluviais Urbanas. In: RIGHETTO, Antônio M. (coordenador). **PROSAB 5 (Programa de Pesquisa em Saneamento Básico – Edital 5):** Manejo de Águas Pluviais Urbanas. Rio de Janeiro: ABES, 2009, p. 19-73, v.4.

SILVA, A. M; SCHULZ, H. E; CAMARGO, P. B. **Erosão e hidrossedimentologia em bacias hidrográficas.** São Carlos-SP: Rima, 2004.

SOUZA, C. F. **Mecanismos técnico institucionais para a sustentabilidade da drenagem urbana.** 2005. 174f. Dissertação (Mestrado em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Programa de Pós-Graduação em Recursos Hídricos e Saneamento Ambiental, Porto Alegre. 2005.

## APÊNDICE A – Fluxograma detalhado das etapas de execução de tarefas relativas ao desenvolvimento do aplicativo Calculand.



**Fonte:** do próprio autor (2022)

**APÊNDICE B – Resultado de testes adicionais realizados em outras localidades com o aplicativo Calculand, comprovando sua eficácia e exatidão em relação à planilha de cálculo.**

- Fazenda Vassourão – Bambuí/MG

**Figura 14:** Teste no aplicativo Faz. Vassourão



Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

**Figura 15:** Teste da Faz. Vassourão na planilha

TRECHO 1	NTIAGO / ESTRADA TERRA															
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB
	m	m	m	m	m	%	m	m			m	m3	m	m	m3	
P0 - P1	444,12	738,4	682	57	440,5	12,8	19,3	2,5	22,8	23	19,5	10,0	152,0	2,86	6,88	152,0

Fonte: do próprio autor (2022)

- Sítio da Dinha – Patos de Minas/MG

**Figura 16:** Teste no aplicativo Sítio da Dinha



Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

**Figura 17:** Teste na planilha Sítio da Dinha

TRECHO 1 NTIAGO / ESTRADA TERRA																
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB
	m	m	m	m	m	%	m	m			m		m3	m	m	m3
P0 - P1	157,56	832,1	821	12	157,1	7,4	24,4	1,8	6,4	6	24,4	8,0	177,9	3,01	7,26	177,9

Fonte: do próprio autor (2022)

- Fazenda Salinas – Uberlândia/MG

**Figura 18:** Teste no aplicativo Faz. Salinas

Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

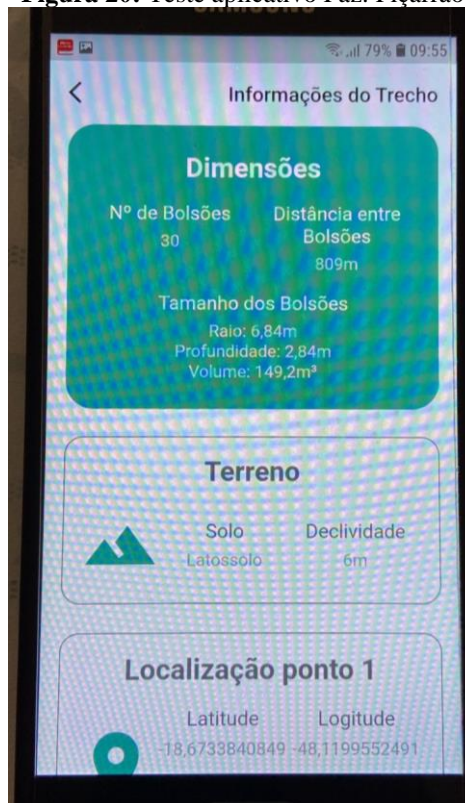
**Figura 12:** Teste na planilha Faz. Salinas

TRECHO 1 NTIAGO / ESTRADA TERRA																	
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB	
	m	m	m	m	m	%	m	m			m		m3	m	m	m3	
P0 - P1	174,28	620,9	600	21	173,0	12,0	19,9	2,4	8,7	9	20,0	10,0	146,1	2,82	6,80	146,2	

Fonte: do próprio autor (2022)

- Fazenda Pirração – Araguari/MG

**Figura 20:** Teste aplicativo Faz. Piçarrão



**Fonte:** do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

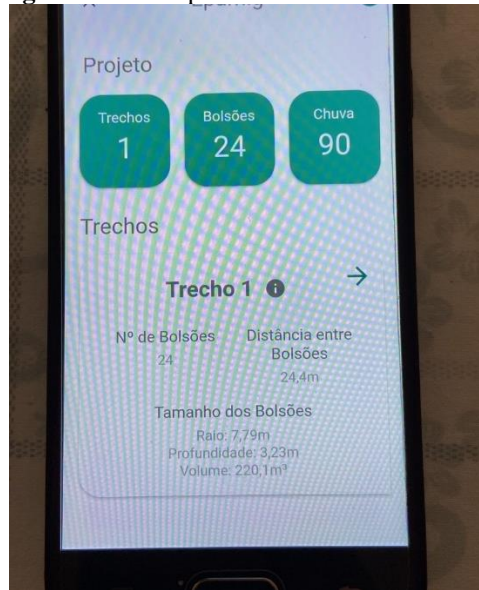
**Figura 21:** Teste na planilha Faz. Piçarrão

TRECHO 1	NTIAGO / ESTRADA TERRA																
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB	
	m	m	m	m	m	%	m	m			m	m3	m3	m	m	m3	
P0 - P1	809	925,04	876,5	48,5	807,5	6,0	26,6	1,6	30,4	30	26,6	8,0	149,2	2,84	6,84	149,2	

**Fonte:** do próprio autor (2022)

- Fazenda Jacinto e Zélia – Presidente Olegário/MG

**Figura 3:** Teste aplicativo Faz. Jacinto e Zélia



Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Eпамig.

**Figura 23:** Teste na planilha Faz. Jacinto e Zélia

TRECHO 1	NTIAGO / ESTRADA TERRA																				
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB					
	m	m	m	m	m	%	m	m			m	m3	m	m	m	m3					
P0 - P1	584,79	1047,5	1004	43,1	583,2	7,4	24,4	1,8	23,9	24	24,4	10,0	220,0	3,23	7,79	220,0					

Fonte: do próprio autor (2022)

- Fazenda Makena – Patrocínio/MG

**Figura 244:** Teste no aplicativo Faz. Makena



Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

**Figura 255:** Teste na planilha Faz. Makena

TRECHO 1 NTIAGO / ESTRADA TERRA																
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB
	m	m	m	m	m	%	m	m			m		m3	m	m	m3
PO - P1	359,52	962,7	947	15	359,2	4,3	30,7	1,3	11,7	12	80,7	8,0	172,0	2,98	7,17	172,0

Fonte: do próprio autor (2022)

- Sítio Vilarejo – Uberaba/MG

**Figura 26:** Teste no aplicativo Sítio Vilarejo

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.

**Figura 27:** Teste realizado na planilha disponibilizada pela Epamig

Fonte: do próprio autor (2022)

PROJETO BOLSÕES CEST																
TRECHO 1 NTIAGO / ESTRADA TERRA																
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB
	m	m	m	m	m	%	m	m			m		m3	m	m	m3
PO - P1	662,74	949	946	3	662,7	0,5	78,5	0,4	8,4	8	78,5	7,0	384,7	3,89	9,38	384,7



Fonte: do próprio autor (2022)

Abaixo, segue a comprovação dos cálculos na planilha disponibilizada pela Epamig.


Figura 28: Teste na planilha Faz. Vilarejo

TRECHO 1	NTIAGO / ESTRADA TERRA																
TRECHO	Distância entre Pontos	Alt. A	Alt. B	DN	DH	D	EH	EV	Nº Bolsões Calc	Nº Bolsões Ajust	Esp. Bolsões	LE	VE	P	R	VB	
	m	m	m	m	m	%	m	m			m		m <sup>3</sup>	m	m	m <sup>3</sup>	
P0 - P1	422,74	752,5	737	16	422,5	3,7	32,7	1,2	12,9	13	32,7	6,0	117,7	2,62	6,32	117,7	

Fonte: do próprio autor (2022)

## APÊNDICE C – Termo de parceria com a EPAMIG – Patos de Minas

Figura 6: Termo de parceria com a EPAMIG



**INSTITUTO FEDERAL DE  
EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA  
MINAS GERAIS  
Campus Bambuí**

**CARTA DE PARCERIA**

Pelo presente Termo de Parceria, o **Campo Experimental de Sertãozinho (CEST)**, pertencente a **Empresa de Pesquisa Agropecuária (EPAMIG)**, situado na Rodovia MG 354, Km 162, Zona Rural, Distrito de Sertãozinho, na cidade de Patos de Minas, CEP 38.700-970, CNPJ 17.138.140/0003-95, declara colaborar com o suporte necessário na execução do projeto de pesquisa da aluna **AMANDA JAKELINE DIAS DA SILVA** no curso de Pós-graduação – Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia Ambiental, do IFMG/Bambuí, Bambuí (MG).

**Outras informações:**

Nome do projeto de pesquisa: **APLICATIVO PARA O DIMENSIONAMENTO DE BOLSÕES DE CONTENÇÃO DE ÁGUAS PLUVIAIS EM ESTRADAS RURAIS.**

Cidade na qual será realizada a execução do Projeto: Patos de Minas (MG).

Atividades da empresa/órgão: Empresa de Pesquisa Agropecuária – EPAMIG.

Suporte da empresa na execução do projeto de pesquisa com a quantificação de recursos (marque as opções):

infraestrutura disponível – valor estimado R\$ 00,00.

Dedicção de um servidor para realização do trabalho - valor estimado R\$ 80,00 por hora trabalhada. (6 horas semanais por durante 2 anos).

OBS: houve a participação de outros membros como Rosinei (orientou o Matheus e Paulo da programação), Maurício, Aderlan e Amanda.

recursos financeiros.

outros suportes (máquinas, equipamentos e suporte técnico na pesquisa) – valor estimado R\$ 00,00.

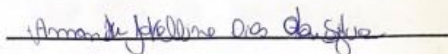
Totais de valores financeiros estimados ao projeto de pesquisa: R\$ 66.560,00.

Obs. Os valores são somente uma estimativa, quantificando o apoio da empresa para a pesquisa.

Contrapartida do discente para a empresa referente ao desenvolvimento do projeto: Participação da empresa e de pesquisador da empresa no desenvolvimento e nos direitos autorais do projeto. Valor financeiro estimado R\$ 15.000,00.

OBS: Não será necessário o desembolso de nenhum dos participantes da proposta, pois os encargos salariais e estruturas são fornecidas pela autarquia participante.

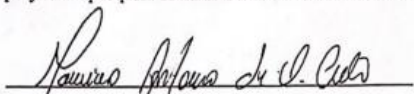
Patos de Minas (MG), 24/03/2020.



AMANDA JAKELLINE DIAS DA SILVA

Eu, **Maurício Antônio de Oliveira Coelho**, representante da EPAMIG/Patos de Minas, inscrita no CNPJ 17.138.140/0003-95, declaro haver interesse desta empresa em contribuir com o desenvolvimento do projeto de pesquisa da aluna Amanda Jakelline Dias da Silva.

Em: 24/03/2020.



MAURÍCIO ANTÔNIO DE OLIVEIRA COELHO