



Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação
Programa de Mestrado Profissional em Ciências Ambientais

JAIRTON DANTAS DE ALMEIDA

“CONSERVAÇÃO DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES – RJ,
COM UTILIZAÇÃO DE BARRAGINHAS E CAIXAS SECAS.”

Vassouras, RJ
2022



JAIRTON DANTAS DE ALMEIDA

“CONSERVAÇÃO DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES – RJ,
COM UTILIZAÇÃO DE BARRAGINHAS E CAIXAS SECAS.”

Dissertação de Mestrado apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* – Mestrado Profissional em Ciências Ambientais - da Universidade de Vassouras, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Ciências Ambientais.

Orientadores:

Prof. Dr. Carlos Vitor Alencar Carvalho

Prof. Dr. Marco Antônio Pereira Araújo

Vassouras, RJ

2022

ALMEIDA, JAIRTON DANTAS DE

"CONSERVAÇÃO DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES - RJ, COM UTILIZAÇÃO DE BARRAGINHAS E CAIXAS SECAS." / JAIRTON DANTAS DE ALMEIDA. - Vassouras: 2022.

ix, 88 f. ; 29,7 cm.

Orientador: DR. CARLOS VITOR DE ALENCAR CARVALHO.

Coorientador: DR. MARCO ANTONIO PEREIRA DE ARAÚJO

Dissertação para Obtenção do Grau de Mestre em MESTRADO PROFISSIONAL EM CIÊNCIAS AMBIENTAIS - Universidade de Vassouras, 2022.

Inclui e .

1. HIDROLOGIA. 2. SOLO. 3. MICROBACIA. I. CARVALHO, DR. CARLOS VITOR DE ALENCAR. II. ARAÚJO, DR. MARCO ANTONIO PEREIRA DE. III. Universidade de Vassouras. IV. Título.



Ata da Defesa de Dissertação

(Mestrado Profissional em Ciências Ambientais)

Aos oito dias do mês de julho de 2022, às nove horas, via videoconferência, reuniu-se em sessão pública a Comissão Examinadora constituída pelos (as) professores (as) Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho (Universidade de Vassouras), Dr. Marco Antonio Pereira Araújo (Universidade de Vassouras), Dr^a. Cristiane de Souza Siqueira Pereira (Universidade de Vassouras) e Dr. Tassio Ferenzini Martins Sirqueira (Centro Universitário Academia), sob a presidência do(a) primeiro(a), para a Defesa da Dissertação do(a) Mestrando(a) **JAIRTON DANTAS DE ALMEIDA**, intitulada: **“CONSERVAÇÃO DE NASCENTES NO MUNICÍPIO DE PATY DO ALFERES - RJ COM A UTILIZAÇÃO DE BARRAGINHAS E CAIXAS SECAS”**.

A banca deliberou pela: **APROVAÇÃO**

Vassouras, 08 de julho de 2022.

Dr. Carlos Vitor de Alencar Carvalho
Orientador

Dr. Marco Antonio Pereira Araújo
Coorientador

Dr^a. Cristiane de Souza Siqueira Pereira
Examinadora Interna

Dr. Tassio Ferenzini Martins Sirqueira
Examinador Externo

A minha esposa e meus filhos pelo
incentivo e carinho.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, professores doutores Carlos Vitor Alencar Carvalho e Marco Antônio Pereira Araújo, que tornaram possíveis a realização desse trabalho.

RESUMO

Este projeto teve como objetivo melhorar o sistema de acúmulo de água no solo através da utilização de dispositivos conhecidos como caixas secas e barraginhas, em estradas rurais, e se alinhou com o trabalho cada vez mais importante de reposição urgente de umidade nas regiões com tendência de estiagem prolongada. Baseado em estudo empreendido em uma microbacia, no platô serrano da região centro sul fluminense, município de Paty do Alferes-RJ, em uma área de preservação ambiental, conhecida como APA-Palmares, pretende otimizar o sistema de aproveitamento de águas das chuvas, através de armazenamento mais profícuo no solo, contribuindo com a umidade natural, revitalização de nascentes, além de outros benefícios como drenagem instantânea de estradas e áreas alagadiças. O estudo para o aprimoramento desse processo, através de um procedimento de cálculo apresentado em um “website”, aconteceu numa região escolhida por ser responsável pelo abastecimento de água para a população urbana do município, o qual depende de cerca de 60% desse manancial e se focou num retorno qualitativo com relação ao umedecimento do solo e controle de erosões locais. Como indicativos básicos, observou-se a volta de “olhos d’água” conhecidos da área, assim como aumento substancial e gradativo do volume de água no manancial hídrico, denominado “Rio Tinguá”, mesmo com o ressecamento a que vem sendo assolado a região Sudeste.

Palavras-chave: hidrologia, solo, microbacia.

ABSTRACT

This project aimed to improve the soil water accumulation system through the use of devices known as dry boxes and barraginhas, on rural roads, and aligned with the increasingly important work of urgent moisture replacement in regions with a tendency to prolonged drought. It was carried out based on a study carried out in a microbasin, on the mountain plateau of the central south region of Rio de Janeiro, municipality of Paty do Alferes-RJ, in an environmental preservation area known as APA-Palmares and intended to optimize the system for the use of rainwater, through more profitable storage in the soil, contributing with natural humidity, revitalizing springs, in addition to other benefits such as instantaneous drainage of roads and wetlands. The study for the improvement of this process, through a calculation procedure presented on a website, took place in a region chosen for being responsible for the water supply for the urban population of the municipality, which depends on about 60% of this source and if focused on qualitative feedback regarding soil wetting and local erosion control. As basic indications, the return of known "water holes" in the area was observed, as well as a substantial and gradual increase in the volume of water in the water source, called "Rio Tinguá", even with the dryness that has been devastating the region Southeast.

Keywords: hidrology, solo, microbacia.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA 1 – Gráfico A – Distribuição básica de água no planeta Terra	pág 12
FIGURA 2 - Gráfico A – Distribuição geral de água no planeta Terra.....	pág 12
FIGURA 3 - Foto – Caixa Seca construída no projeto APA	pág 17
FIGURA 4 – Foto de barraginha implementada no mun. de Dionísio (MG)....	pág 18
FIGURA 5 - Planta do trecho 1. Implantaç. 57 caixas secas e 1 barraginha..	pág 19
FIGURA 6 – Planta Geral da APA-Palmares – Geofoto em SIG	pág 19
FIGURA 7 – Gravura – Ciclo global da água	pág 22
FIGURA 8 – Posicionamento latitudinal entre América do sul e África.....	pág 24
FIGURA 9 – Aspectos da modelagem Hidrológica	pág 29
FIGURA 10 – Planta com linhas offset da área referente ao projeto piloto ...	pág 40
FIGURA 11 – Foto de Barraginha após o evento de chuva.....	pág 42
FIGURA 12 – Foto - Partículas predominantes do solo	pág 49
FIGURA 13 - Foto – Perfil de um talude em Latossolo	pág 50
FIGURA 14 - Foto – Perfil de um talude em Argisolo	pág 50
FIGURA 15 – Imagem – Guia para grupamento de classe e textura	pág 51
FIGURA 16 – Foto de uma Barraginha em pleno funcionamento	pág 53
FIGURA 17 – Desenho de caixa seca padrão utilizada no estudo	pág 54
FIGURA 18 – Modelo hipotético de trecho da microbacia drenante	pág 55
FIGURA 19 – Início de construção da barraginha	pág 55
FIGURA 20 – Foto de construção da caixa seca n°18	pág 56
FIGURA 21 – Foto de uma caixa seca em pleno funcionamento	pág 58
FIGURA 22 – Imagem da Planilha de dimensionamento desenvolvida	pág 60
FIGURA 23 – Imagem da página inicial do site	pág 63
FIGURA 24 – Imagem da Planilha eletrônica de dimensionamento (no site)	pág 64
FIGURA 25 – Imagem do Histórico sobre a seca (no site)	pág 64
FIGURA 26 – Gráficos de pluviosidade local	pág 65
FIGURA 27 – Gráficos da Pluviosidade Nacional	pág 65
FIGURA 28 – Gráficos de turbidez na água coletada no manancial	pág 68
FIGURA 29 – Coloração na água coletada no manancial	pág 68
FIGURA 30 – Gráficos de chuvas médias mensais entre 1977 a 2009.....	pág 71

LISTA DE TABELAS

TABELA 1	– Seleção dos trabalhos consid. relevantes p/ Rev. de Literatura.	pág 33
TABELA 2	– Hierarquização dos serviços ambientais.....	pág 35
TABELA 3	– Proporções das partículas de solo	pág 44
TABELA 4	– Classificação dos solos nos valores de condutividade	pág 45
TABELA 5	– Valores típicos de permeabilidade de solos sedimentares	pág 45
TABELA 6	– Planilha de cálculo utilizada para dimensionar os dispositivos...	pág 57
TABELA 7	– Parâmetros utilizados para os cálculos dinâmicos	pág 62
TABELA 8	– Tabela pluviométrica para a região Sul Fluminense do RJ	pág 71
TABELA 9	– Anexo – Precipitação janeiro 2019.....	pág 76
TABELA 10	– Anexo – Precipitação fevereiro 2019.....	pág 76
TABELA 11	– Anexo – Precipitação março 2019.....	pág 77
TABELA 12	– Anexo – Precipitação abril 2019.....	pág 77
TABELA 13	– Anexo – Precipitação maio 2019.....	pág 78
TABELA 14	– Anexo – Precipitação junho 2019.....	pág 78
TABELA 15	– Anexo – Precipitação julho 2019.....	pág 79
TABELA 16	– Anexo – Precipitação agosto 2019.....	pág 79
TABELA 17	– Anexo – Precipitação setembro 2019.....	pág 80
TABELA 18	– Anexo – Precipitação outubro 2019.....	pág 80
TABELA 19	– Anexo – Precipitação novembro 2019.....	pág 81
TABELA 20	– Anexo – Precipitação dezembro 2019.....	pág 81
TABELA 21	– Anexo – Precipitações por ano 2014 / 2015 / 2016	pág 82
TABELA 22	– Anexo – Precipitações por ano 2017 / 2018 / 2019	pág 82
TABELA 23	– Anexo – Precipitações médias de 2014 a 2019	pág 83
TABELA 24	– CEDAE – Parâmetros físico-químicos para 2017.....	pág 83
TABELA 25	– CEDAE – Parâmetros físico-químicos para 2018	pág 84
TABELA 26	– CEDAE – Parâmetros físico-químicos para 2019	pág 84
TABELA 27	– CEDAE – Parâmetros físico-químicos para 2020	pág 85
EQUAÇÃO 1	– Eficiência dos dispositivos “caixas secas e barraginhas”	pág 59
GRÁFICO 1	– Procedência da água para produzir abastecimento	pág 22
APÊNDICE A	– Distribuição dos dispositivos distribuídos no trecho 1	pág 85

SUMÁRIO

1. Introdução	pág 10
1.1 – Fundamentação Teórica.....	pág 13
1.2 – Objetivos Gerais	pág 20
1.3 – Objetivos Específicos	pág 23
1.4 – Justificativa	pág 24
1.5 – Estrutura da Dissertação	pág 30
2. Revisão Sistemática de Literatura	pág 30
3. Metodologia	pág 39
3.1 – O foco do estudo	pág 39
3.2 – A descrição do processo	pág 39
3.3 – O escoamento superficial	pág 41
3.4 – Condutividade hidráulica	pág 43
3.5 – Característica do solo brasileiro	pág 45
3.6 – Desenvolvimento do processo	pág 52
4. Resultados e Discussões	pág 66
4.1 Considerações Finais	pág 71
5. Referências	pág 74
6. Anexos	pág 76
7. Apêndice	pág 86

1 – INTRODUÇÃO

Atualmente, existe consenso nos meios científico, empresarial e na sociedade, advertindo que o Planeta está caminhando a um desastre ecológico sem precedentes (IPCC, 2022). Tais opiniões procedem, quando considerado o desarranjo volumoso nos sistemas naturais da Terra, dos quais a nossa civilização depende. Entretanto, há uma percepção difusa por parte da sociedade que, complacientemente, afirma que a situação não é tão drástica, inclusive opinando, que o atual momento mundial é o melhor de todos os tempos (Mundo Educação, 2022).

Ainda, existe um menor, mas crescente coro discutindo que ambas estas percepções são verdadeiras, pelo menos em parte (SCHLEV e LAUR, 1998; SOUZA, 2018). As discussões demonstram que, dos dispositivos de manutenção da vida, os recursos hídricos estão entre os bens mais valiosos, os quais fazem parte da grande maioria dos processos produtivos que o homem desenvolveu, além de garantirem a manutenção da sobrevivência. Em função disso, a necessidade de uma boa gestão dos mananciais de água é a realidade premente, a qual nos remete a desenvolver ou melhorar métodos de captação hídrica que auxiliem na conservação da umidade necessária. Esse pensamento é fruto de uma crescente preocupação quanto às reservas regionais de água potável e seu fornecimento à população. A problemática da disponibilidade de água potável é inegavelmente a maior preocupação dos poderes públicos, iniciativas privadas e organizações ambientalistas (Camdessus *et al.*, 2005).

De acordo com a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB, 2021), a escassez de água no mundo é agravada em virtude da desigualdade social e da falta de manejo e usos sustentáveis dos recursos naturais. Constatam-se pelos números apresentados pela ONU (Organização das Nações Unidas) que fica claro que controlar o uso da água significa deter poder.

Segundo a Unicef - Fundo das Nações Unidas para a Infância (CETESB, 2022), menos da metade da população mundial tem acesso à água potável. A irrigação corresponde a 73% do consumo de água, 21% vai para a indústria e apenas 6% destina-se ao consumo doméstico.

De acordo com a ONU News (news.un.org/pt/) de 19/11/2020, em todo o mundo, 2,2 bilhões de pessoas vivem sem acesso à água e 4,2 bilhões não tem saneamento básico. Diante desses dados, temos a triste constatação de que dez milhões de pessoas morrem anualmente em decorrência de doenças intestinais transmitidas pela água. Numa economia mundial cada vez mais integrada, a escassez

de água cruza fronteiras, podendo ser citado como exemplo o comércio internacional de grãos, onde são necessárias 1.000 toneladas de água para produzir 1 tonelada de grãos (CETESB, 2022), sendo a importação de grãos a maneira mais eficiente para os países com déficit hídrico importarem água.

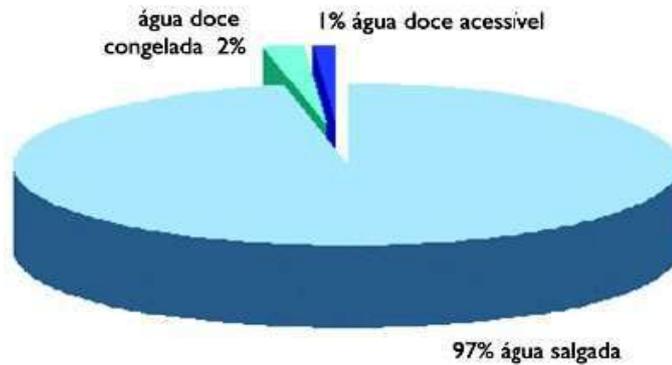
As diferenças registradas entre os países desenvolvidos e os em desenvolvimento evidenciam que a crise mundial dos recursos hídricos está diretamente ligada às desigualdades sociais em regiões onde a situação de falta d'água já atinge índices críticos de disponibilidade como nos países do Continente Africano, onde a média de consumo de água por pessoa é de dezenove metros cúbicos/dia, ou de dez a quinze litros/pessoa. Já em Nova York, há um consumo exagerado de água doce tratada e potável, onde um cidadão chega a gastar dois mil litros/dia (CETESB, 2022).

Calcula-se a exaustão anual dos aquíferos em 160 bilhões de metros cúbicos ou 160 bilhões de toneladas. Tomando-se uma base empírica de mil toneladas de água para produzir 1 tonelada de grãos, esses 160 bilhões de toneladas de déficit hídrico equivalem a 160 milhões de toneladas de grãos, ou metade da colheita dos Estados Unidos.

Os lençóis freáticos (CETESB, 2022) estão hoje caindo em variadas regiões produtoras de alimentos, como por exemplo, a planície norte da China; o Punjab na Índia e o sul das Great Plains dos Estados Unidos, que faz do país um dos maiores exportadores mundiais de grãos. A extração excessiva é um fenômeno novo, em geral restrito a última metade do século. Só após o desenvolvimento de bombas poderosas a diesel ou elétricas, tivemos a capacidade de extrair água dos aquíferos com uma rapidez maior do que sua recarga pela chuva.

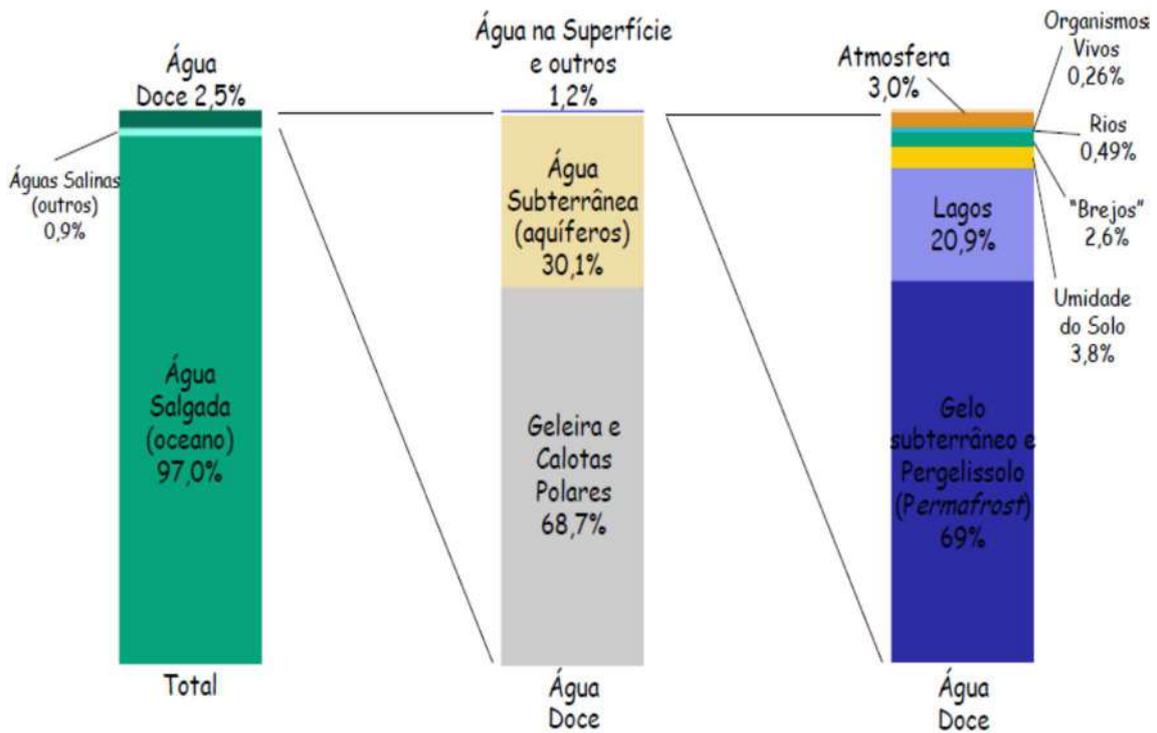
A quantidade de água existente no Planeta Terra é considerada constante desde 500 milhões de anos, porém a maior parte dela que corresponde à 97,5% está contida nos mares e oceanos e, portanto, é salgada. Excluindo a água congelada dos polos, a água doce representa apenas 0,6% do total. Destes, 98% estão contidas nos aquíferos e apenas 2% nos rios e lagos. As figuras 1 e 2 apresentam a distribuição de água no nosso planeta (Águas Subterrâneas – CETESB, 2022).

Figura 1 – Distribuição básica de água no planeta Terra



Fonte: Brasil Escola (2021)

Figura 2 – Distribuição geral de água no nosso planeta



Fonte: Shiklomanov (1993)

De acordo com a Revista Planeta (2010), cerca de 25% da massa terrestre sofre com a degradação dos solos em zonas áridas, um processo que prossegue em ritmo constante e hoje ameaça a subsistência de mais de um bilhão de pessoas. A cada ano, segundo a Organização das Nações Unidas (ONU), 6 milhões de hectares de terras (ou 60 mil km², área que equivale a duas vezes a da Bélgica) se tornam

improdutivos e caminham para se transformar em deserto. Como resultado desse processo, há perdas anuais de 24 bilhões de toneladas da camada arável, o que influi negativamente na produção agrícola e no desenvolvimento sustentável. Por isso, já existe consenso em nível internacional de que esse é o maior problema econômico, social e ambiental em várias regiões do mundo.

1.1 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

Frente à crescente demanda dos recursos hídricos, a exploração das águas subterrâneas é uma alternativa bastante atraente para abastecimento, em virtude da sua abundância, qualidade e relativo baixo custo de captação, principalmente considerando-se a condição inadequada de qualidade das águas superficiais associada ao elevado custo do tratamento dessas águas para os diversos usos e a escassez verificada em algumas regiões. Assim, o recurso hídrico subterrâneo vem se tornando estratégico para desenvolvimento econômico da sociedade, devendo, portanto, ser protegido da poluição urbana. É importante considerar as águas subterrâneas no ciclo hidrológico, de modo que sua exploração para os diversos usos não altere o fluxo de base das águas superficiais. A Resolução nº 22 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH, estabelece que os Planos de Recursos Hídricos devem promover a caracterização dos aquífero e definir as inter-relações de cada aquífero com os demais corpos hídricos superficiais e subterrâneos e com o meio ambiente, visando a gestão sistêmica, integrada e participativa das águas.

A ideia voltada para esse sentido, foi a procura de meios simples e baratos de captação e conservação dos recursos hídricos oferecidos pelas chuvas sazonais, utilizando informações e técnicas conhecidas nas disciplinas de hidrologia, geomorfologia e mecânica dos solos.

A procura da melhoria de técnicas de captação hídrica teve como premissa básica a proteção do ecossistema natural existente, contribuindo assim, para o equilíbrio minimizando a utilização de projetos muito tecnológicos e dispendiosos de engenharia, como por exemplo prospecção de lençóis profundos em rochas (DAS, 2007), o que vem causando impactos que devem ser reduzidos a todos custo, considerando que a todo momento pode haver uma perfuratriz tentando alcançar águas de lençóis profundos (poços profundos) sem a menor fiscalização e acompanhamento, ainda que haja uma intenção governamental de controlar, licenciar

o processo de perfuração e outorga de recurso hídrico oriundo de camadas profundas do solo, podendo trazer consequências absurdas ao ambiente como um todo.

Percebe-se que essas questões de sustentabilidade devem ser meta de sobrevivência pelos próximos anos, ou não poderemos garantir o futuro próspero para os nossos descendentes. Com efeito, o Ministério Público do Estado de Santa Catarina, publicou um trabalho com o título “A exploração desordenada de recursos hídricos subterrâneos no estado de Santa Catarina” o qual descreve que, da quantidade de água doce disponível na Terra, 98,8% constituem águas subterrâneas. Aproximadamente metade dos depósitos de água subterrânea não pode ser utilizada, porque está localizada a mais de 800m de profundidade. Entretanto, os aquíferos disponíveis podem ter centenas de metros de espessura e milhares de quilômetros quadrados de extensão, e sua realimentação processa-se tal como a das águas superficiais, pelo recebimento das águas da chuva, neves e geadas (GRAF, 2000) e podem ser acessados através dos poços profundos.

Observa-se que nas últimas décadas tem se verificado a tendência de captação de água subterrânea para abastecimento público e de particulares, através de poços profundos, também bastante utilizados em condomínios e propriedades rurais, dentre outros casos, o que é preocupante, haja vista o risco de poluição dos aquíferos, as consequências desconhecidas de uma utilização em larga escala, a par da inexistência de um controle eficaz da contaminação a que estão sujeitos. “As águas subterrâneas são atualmente a fonte de abastecimento preferida. Apresentam maior facilidade de exploração, baixo custo e boa qualidade denominadas como águas minerais pois podem concentrar micropartículas de sais minerais obtidos em sua clausura em vazios no interior das rochas. Situam-se nos aquíferos, que podem ser considerados como o solo, rocha ou sedimento permeável, capaz de armazenar água subterrânea. O Brasil é rico em lençóis freáticos e, por isso, tem crescido muito a perfuração de poços artesianos” (FREITAS, 2000).

O risco de poluição das águas subterrâneas é imenso tendo em vista o incalculável potencial dessas águas, como bem pode-se verificar no que segue:

“Especialistas têm se dedicado a estudar e recuperar um dos maiores reservatórios de águas subterrâneas do mundo, o aquífero Guarani, também conhecido como Botucatu, que está sofrendo as consequências da poluição e da perfuração desordenada. Sua área abrange os territórios do Uruguai, Paraguai, Argentina e Brasil, onde

passa pelos Estados do Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, São Paulo, Minas Gerais e Mato Grosso do Sul. Este aquífero tem uma área de aproximadamente 1,2 milhão de km², suficiente para atender a demanda de uma população de 360 milhões de pessoas ou a população do Brasil por 3.500 anos. Para recuperar e administrar de forma integrada o potencial desta fonte de água potável, é preciso realizar um gerenciamento conjunto, que ultrapassa fronteiras estaduais e nacionais” (PARO, D., 2000).

Assim, com o crescimento da demanda que se verifica a olhos nus, ações que visem a proteção das águas subterrâneas fazem-se necessárias, merecendo um tratamento diferenciado, podendo-se dizer até que em caráter de urgência.

Considerando o rigor com que deve ser tratada a questão das águas de lençol profundo, como bem econômico, com a construção de poços artesianos perfurando a crosta terrestre e as questões legais que envolvem esse assunto, amplamente discutidas nos meios jurídicos, as técnicas de utilização de águas pluviais precisam ser melhoradas e otimizadas em função da demanda imediata por umidade no solo e obtenção de água potável. Sendo o referido bem econômico realmente do Estado em que se localiza, como expresso está em nossa Lei Maior, o órgão estadual gestor das águas é que deverá fornecer a outorga a quem pretender utilizá-las, bem como deverá zelar pela qualidade do líquido, pois, “muitos poços estão poluindo lençóis subterrâneos e estes demoram alguns milhares de anos para serem despoluídos. Os mananciais não são como os rios, que em 15 a 20 anos se renovam.” (Daniela Caride, 1998, pg. 6).

As técnicas de obtenção de água na natureza estão divididas em sustentáveis e insustentáveis. A definição mais aceita para desenvolvimento sustentável é o desenvolvimento capaz de suprir as necessidades da geração atual, sem comprometer a capacidade de atender as necessidades das futuras gerações. É o desenvolvimento que não esgota os recursos para o futuro. Essa definição surgiu na Comissão Mundial sobre Meio Ambiente e Desenvolvimento, criada pelas Nações Unidas para discutir e propor meios de harmonizar dois objetivos: o desenvolvimento econômico e a conservação ambiental (WWF. O que é desenvolvimento sustentável ?, 2021).

Acredita-se que o objetivo do nosso estudo, referentes aos dispositivos denominados de caixas secas e barraginhas, são técnicas sustentáveis. Essas técnicas, amplamente difundidas pela Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária

(DADALTO *et al.*, 1990) utiliza as precipitações pluviométricas e capta parte de seu volume repondo-o no lençol subterrâneo, resultando posteriormente em necessária umidificação do sub solo, auxiliando na formação de serrapilheira, material tão importante à vida da floresta, além do reforço nos olhos d'água, nascentes necessárias aos mananciais hídricos, oriundas das microbacias, mas que exercem enorme influência nas grandes áreas através das artérias (córregos e pequenos rios) que compõem os grandes canais e também abastecem povoados e cidades, além de serem de extrema necessidade nas áreas rurais de plantio. Trata-se de solução direcionada às recargas de aquíferos, a partir do questionamento iniciado na segunda metade dos anos 1970, quando já se tendo a disponibilidade de imagens de satélite, que viabilizaram o histórico da evolução da cobertura e uso do solo, foi possível fazer avaliações críticas dos efeitos das mudanças sobre a umidade no solo, chegando-se ao momento atual com perspectivas negativas.

Para o estudo, são necessárias considerações de hidrologia, a fim de determinar os volumes sazonais de chuvas e quantitativos de aplicações de dispositivos de absorção da pluviosidade. Geomorfologia, para o desenvolvimento e estudo dos contornos e formas, os quais determinam as vertentes, corredeiras e bicas nas microbacias e, a mecânica dos solos, para os estudos de absorção e condutividade hidráulica, no trabalho de reposição hídrica dos mananciais. Dessa maneira, propõe-se discutir perspectivas epistemológicas e de gestão de informações que possam contribuir para uma ótima solução, qualitativa e quantitativa da recarga de aquíferos. São elaboradas modelagens conceituais preliminares demonstrando as possibilidades de articulação interdisciplinar para resolução dos desafios ambientais apresentados.

Longe de se tratar de uma nova descoberta, as técnicas de absorção de águas de chuvas estão sendo largamente utilizadas, na atualidade, na região Sudeste, principalmente nos estados do Espírito Santo e Minas Gerais, considerando a vasta vocação agrícola (EMBRAPA, 2009). O processo de absorção de águas pluviais no solo, estudados nesse trabalho, utiliza dois tipos de dispositivos e são denominadas de caixas secas e barraginhas. Caixas secas, em rápida conceituação, são pequenas cavas em encostas, nas bases dos taludes, às margens das estradas, devidamente dimensionadas, que captam as águas das chuvas e os sedimentos levados por ela. É um método que evita enxurradas, voçorocas, assoreamento dos rios e desarrumação das estradas, além de contribuir para o abastecimento do lençol freático e a vazão

dos rios. O reservatório, como demonstra a figura 3, impede que a água arraste partículas sólidas, ao mesmo tempo que se infiltra no lençol freático e garante o abastecimento das nascentes no período de estiagem (DADALTO *et al.*, 1990).

Figura 3 - Caixa seca construída no projeto piloto da APA-Palmares- Paty do Alferes-RJ-2017/18.



Fonte: Foto do Autor

“Barraginhas, são cavas maiores, com cerca de 15 m de diâmetro, localizadas nas pastagens, à jusante das enxurradas e corredeiras que deverão ser previamente determinadas segundo o levantamento da microbacia. Pode-se dizer que a microbacia hidrográfica é uma área geográfica delimitada por divisores de água, drenada por um rio ou córrego, para onde escorrem as águas das chuvas. Uma bacia hidrográfica pode reunir várias microbacias, que têm nos solos verdadeiras caixas d’água para suprir as plantas e abastecer os lençóis freáticos” (O PRESENTE RURAL, 2016). Trata-se de pequenos açudes que ajudam na reativação do lençol freático e das nascentes, além de contribuir para a irrigação de culturas. A figura 4 demonstra uma barraginha desenvolvida em área de pastagem:

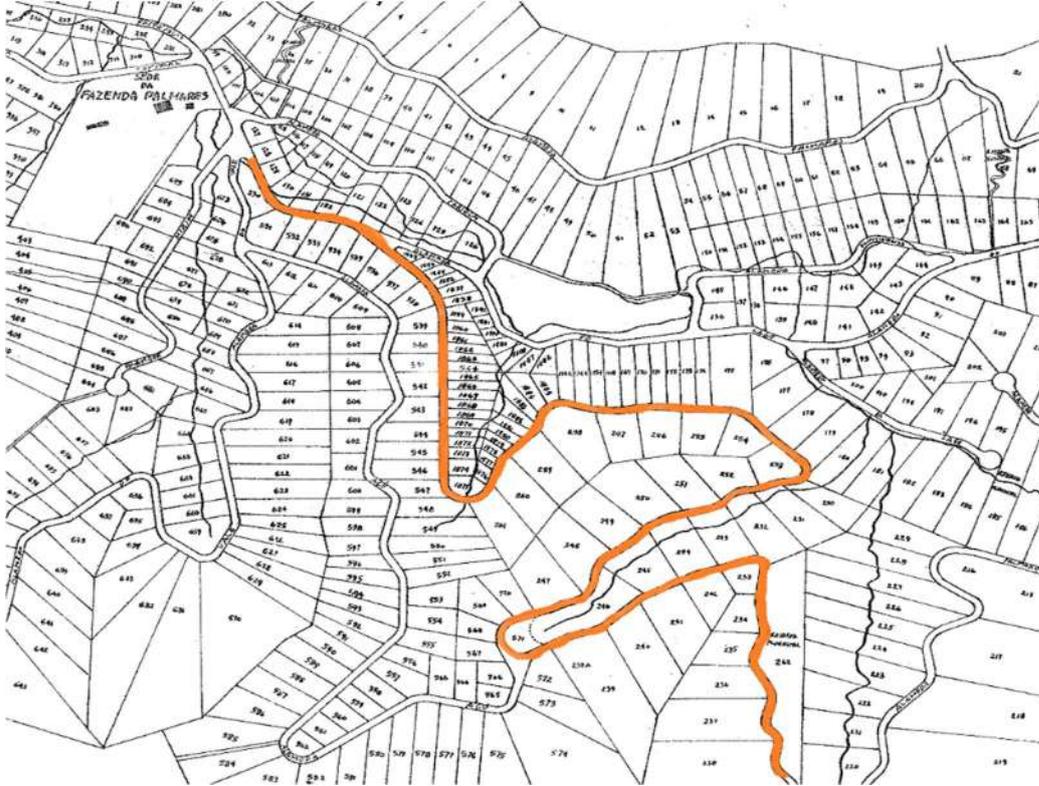
Figura 4 – Barraginha implementada no Município de Dionísio (MG)



Fonte: BARROS, L. C.de. (2000)

O estudo em conjunto, com a participação da Secretaria de Meio Ambiente, Ciência e Tecnologia do Município de Paty do Alferes – RJ, implementou a técnica das caixas secas como projeto piloto, com a construção inicial de 87 unidades, na APA (Área de Preservação Ambiental) de Palmares, região localizada no município de Paty do Alferes, estado do Rio de Janeiro, nos intervalos de coordenadas W 43° 25' 03,53"; S 22° 25' 54,35" e W 43° 21' 31,34"; S 22° 27' 12,43", ao longo da estrada Paty-Petrópolis. Propôs-se que tais dispositivos, conforme descrito acima, escavados no solo com áreas e profundidades previamente calculadas, absorvam parte do fluxo das águas das chuvas em corredeiras e os faça infiltrar no solo, com o objetivo deste de reter umidade. Entende-se que os fluxos das águas das chuvas não sendo aproveitados, resultaria num volume de água perdido, se as corredeiras fossem direcionadas diretamente aos córregos, rios ou "talwegues, linhas sinuosas em fundo de vale, resultante da interseção dos planos de duas vertentes e na qual se concentram as águas que delas descem" (HOUAISS, 2009). Outro resultado é a conservação da estrada vicinal, evitando-se a cavitação por corredeiras em linhas diagonais ao sentido da via. Nas figuras 5 e 6, podemos ver respectivamente a planta do trecho em estudo e, a mancha em "geofoto", referenciada nas coordenadas acima.

Figura 5 – Planta do Trecho 1 constante do desenho de desmembramento da Fazenda Palmares – em laranja acha-se a estrada principal e objeto do estudo com a distribuição de 57 caixas secas e 1 barraginha



Fonte: Desenvolvido pelo Autor

Figura 6 – Planta Geral da APA-Palmares- Geofoto referenciada com Sistema SIG - Paty do Alferes-RJ-2017/18



Fonte: Google Earth

Estabelece-se que o estudo da sequência deverá justificar e trazer à luz os objetivos do projeto, assim como apresentar uma sequência metodológica objetivando assim uma conclusão ótima, pois como constata-se na literatura corrente, os projetos para o aumento da umidade do solo denominadas “caixas secas e barraginhas”, não são soluções novas e sim dispositivos já em fase de utilização no campo. Entretanto, observamos tratar-se de aplicações com pouco critério técnico deixando quesitos práticos à margem da sua empregabilidade, influenciando de sobremaneira o rendimento do sistema aplicado em cada tipo de terreno.

Acredita-se que uma abordagem mais técnica acerca das soluções propostas podem influenciar nas questões qualitativas de utilização dos dispositivos visando no problema central que trata da urgente necessidade da recuperação dos aquíferos de uma forma geral, utilizando-se as soluções propostas como parte de uma gestão sistêmica, integrada e participativa das águas, afim de recrudescer o índice de umidade no solo e contribuir com o aquífero local, baseado em fatos históricos de falta de umidade local e por conseguinte impossibilidade de abastecimento nas regiões dependentes desse manancial, levando-se a crer que, dentre outros fatores, a umidade retida é diretamente proporcional à capacidade de absorção de água de chuva pelo solo e, nesse caso, um processo de degradação como o antrópico, quebra o mecanismo que antes funcionava.

1.2 – Objetivos Gerais

Como objetivo principal, destarte, propõem-se uma solução natural de bombeamento de água das chuvas para o solo conduzindo-as para pontos destinados a recebê-las, onde por gravidade haverá absorção e destinação da umidade pelos poros e canais, formando os nascedouros e recuperando os mananciais ao longo dos meses de longo estio. Para que isso aconteça, alguns métodos devem ser observados imprimindo o sentido técnico com a meta na qualidade do procedimento.

Basicamente, o sistema funciona baseado em dados e cálculos hidrológicos afim de obtermos o comportamento dos volumes de precipitações na região, estudos topográficos para estudar os caminhos das águas precipitadas pelas chuvas e decidir em que ponto serão os dispositivos de recepção (caixa seca ou barraginha) e, por final o estudo do solo para obtermos a capacidade de absorção naquele ponto, considerando a equação alimentada por todos os dados inerentes ao estudo, em todos os pontos a serem implantados os dispositivos.

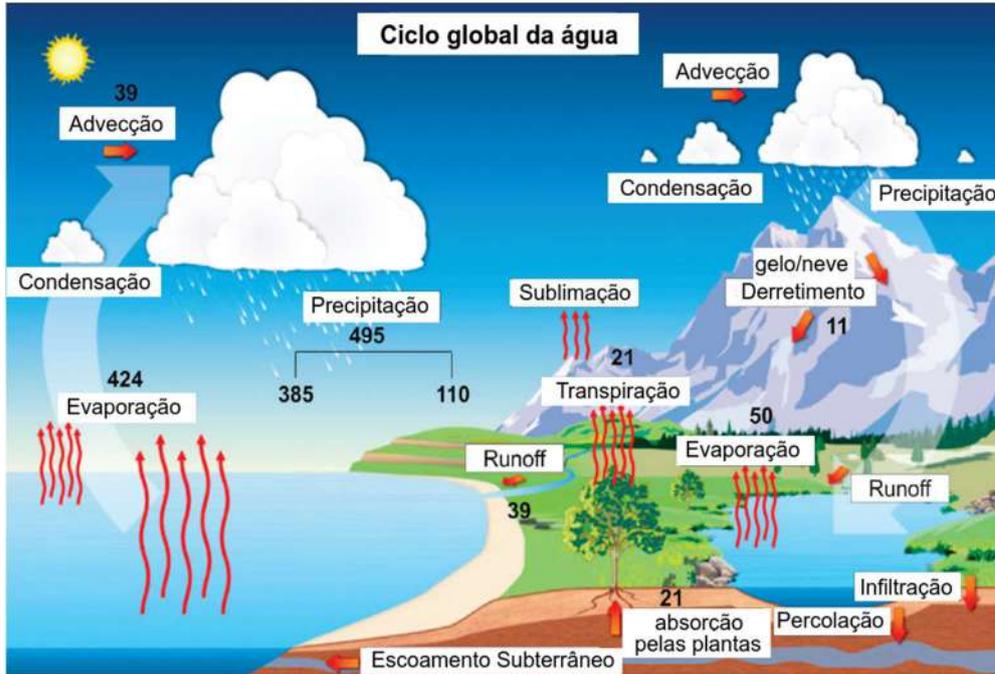
Acredita-se que o resultado demonstre o nível de interação entre os diferentes parâmetros naturais e o dimensionamento dos dispositivos, apresentando um diferencial, em percentual, de ganho de umidade para cada trecho de cada região adotada para utilizar o processo.

Propõe enfim, estudar e ajustar a “metodologia” utilizada na tecnologia de aplicação de dispositivos coletores como o sistema de captação de águas de chuvas e inserção no solo, considerando o ciclo genérico da água, com dispositivos implantados ao longo de estradas vicinais ou outros pontos de propriedades rurais e urbanas, no curso de corredeiras de águas de chuvas, antes que elas entrem no sistema de drenagem natural, córregos e rios que terminarão naturalmente no mar, sem que tenham sido utilizados na umidificação do ambiente, em combinação com as espécies vegetais locais. Trata-se de um sistema de bombeamento natural para infiltração da água no solo para melhoria do processo natural de formação de nascentes ou auxílio de redução dos processos de desertificação.

Os sistemas de dispositivos captadores de águas de chuvas como as caixas secas e as barraginhas, que estão sendo utilizado em algumas localidades rurais do Brasil, ainda não contam com estudo mais abrangente em consonância aos aspectos técnicos envolvidos nas questões de aplicabilidade, considerando que os métodos convencionais hoje utilizados, encontrados nas publicações disponíveis e relatos “orais” colhidos nas localidades agrícolas e comunidades rurais são de cunho prático e não gozam de parâmetros necessários à otimização do sistema.

Dessa forma, foram elaboradas algumas bases para aplicabilidade dos dispositivos baseado nas constatações de campo, durante o estudo piloto executado na APA-Palmares, no município de Paty do Alferes-RJ.

Pretende-se, a fim de correção das distorções construtivas do sistema que já é utilizado, produzir-se um critério técnico mínimo orientador para a construção de sistemas de bombeamento de água para o solo utilizando-se a tecnologia de caixas secas e barraginhas já que o ciclo natural da água é contínuo, conforme pode ser visualizado na figura 7.

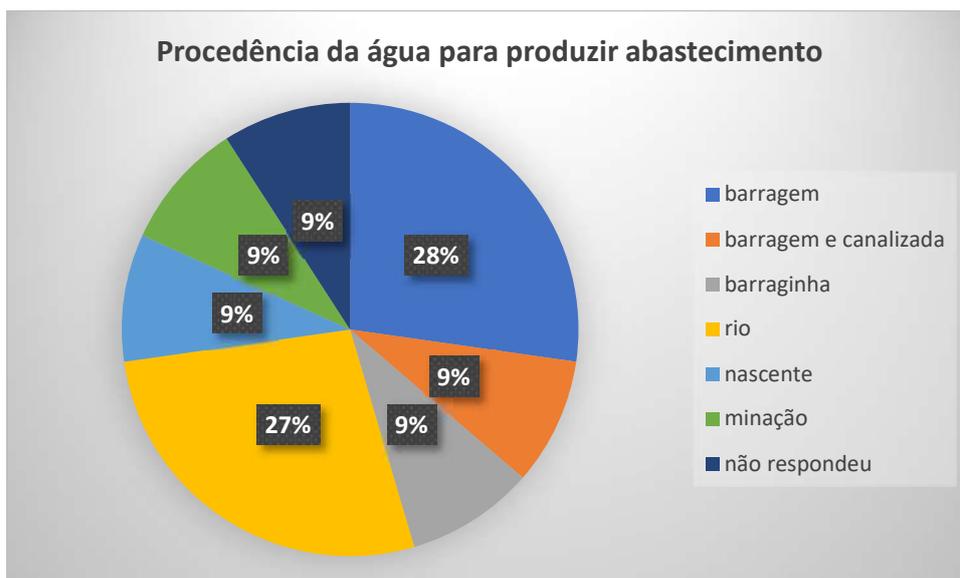


Fonte - INMET

1.3 – Objetivos Específicos

Objetivou-se basicamente o alcance de índices de umidade relevantes em áreas rurais ou zonas de abastecimento hídrico, com o intuito de recuperação de nascentes, as quais em outrora perderam suas cargas ou capacidade de reprodução, utilizando as precipitações. No gráfico 1 pode-se verificar que praticamente todas fontes de abastecimento dependem da coleta das águas das chuvas.

Gráfico 1 – Procedência da água para produzir abastecimento



Fonte: GUALDANI, C., 2015: 78 – Tecnologias sociais para a convivência com o semiárido.

Desta forma, torna-se necessário ajustar um modelo de utilização do método para casos regionais com característica geotécnica conhecida e variações em declividades (planos topográficos mais acentuados) e pluviosidade determinada, a fim de estabelecer-se critérios metodológicos executivos das técnicas, com rigor sistemático, que garanta aplicabilidade do sistema com segurança e rendimento prático, demonstrando a variação da umidade ao longo do tempo, capaz de alterar o ambiente ao redor e permitir maior qualidade local.

É certo que obtenção dos dados futuros poderão influenciar em melhoria substancial do método utilizado, permitindo avaliar melhor e publicar os impactos causados pela implantação do sistema em outras áreas com características muito diferentes, daquela do projeto piloto.

1.4 – Justificativa

Esse trabalho objetiva oferecer maiores possibilidades para aumentar a umidade no solo com foco no abastecimento dos mananciais hídricos e também reduzir a probabilidade de desertificação em áreas de remanescentes de pastagens e culturas agrícolas, oferecendo uma abordagem técnica, como meio de otimização do sistema de dispositivos coletores de águas das chuvas em geral, com receptores denominadas “caixas secas” e “barraginhas”, que podem ser instaladas em áreas rurais públicas ou particulares através da otimização com cálculos através de planilha eletrônica disponibilizada ao público, com a finalidade de melhorar o rendimento dos dispositivos imputados em um projeto de umidificação do solo, redução das erosões e bloqueio de enxurradas.

Nas diversas regiões brasileiras, monoculturas sem critério técnico depredam até hoje o ambiente agrícola. Os legados de áreas em processos de desertificação, avançados ou não, são realidades e pouco está sendo feito. Conforme BERNSTEIN *et al.* (2015), dentre as áreas suscetíveis a se tornarem desérticas em nosso país, está a Região Sudeste, assim como parte das regiões central e Sul. O Sudeste brasileiro, em particular, compreende uma região que está na faixa compatível as dos desertos situados na região sul do planeta, atravessando enormes áreas continentais que abrangem os grandes desertos australianos (Great Sandy, Gibson e Great Victoria) e africanos (desertos da Namíbia e do Kalahari) e da América do Sul, como o Atacama, no Chile. Em termos latitudinais (figura 8) Sudeste e Sul do Brasil alinham-se frontalmente com as regiões que englobam os grandes desertos africanos, o que

coloca a região em alerta quanto à aceleração dos processos de desertificação (OTTOBONI, 2014).

Figura 8 – Posicionamento latitudinal da América do Sul e a África



Fonte – Suporte Geográfico 77

De acordo com Griffith *et al.* (2000),

“a recuperação de áreas degradadas (RAD), ou recuperação ambiental (RA), é um conjunto de ações planejadas e executadas por especialistas de diferentes áreas do conhecimento humano, que visam proporcionar o restabelecimento da autossustentabilidade e do equilíbrio paisagístico semelhante aos anteriormente existentes, em um sistema natural que perdeu essas características. As pesquisas em recuperação ambiental têm focado tanto os problemas decorrentes das atividades agropecuárias, florestais, minerárias, construção civil, urbanização e industrialização, como aqueles decorrentes de processos naturais, tais como: enchentes, incêndios, secas, dilúvios e atividades sísmicas”.

Em sistemas hidrográficos, como rios e bacias, a desertificação resulta de um processo de assoreamento ocasionado por fatores climáticos e principalmente antrópicos. O crescimento demográfico e a crescente demanda por energia e recursos

naturais exercem pressão pela utilização intensiva do solo e dos recursos hídricos, o que leva a um cenário de degradação e desertificação, ultrapassando a capacidade de resiliência do ambiente.

De acordo com OTTOBONI (2014), a seca e a atual crise hídrica experimentada na porção Centro-Sul, especialmente no Estado de São Paulo, estão relacionadas também à permanente e acelerada degradação da Floresta Amazônica, um fator que diminui as taxas de umidade, pois compromete o transporte de umidade para as partes mais ao Sul do continente, além de trazer partículas oriundas de queimadas que impedem a formação de chuvas. Segundo o autor, a Região Sudeste se viu livre da desertificação devido ao sucesso da Amazônia e à formação da Floresta Atlântica, que foram determinantes para estabelecer um regime de chuvas capazes de assegurar ao Brasil e à América do Sul solos férteis e índices pluviométricos mais que satisfatórios à manutenção da vida. Isso significa que as alterações climáticas ocasionadas pelas interferências do homem sobre o meio ambiente, sobretudo o desmatamento acelerado da Mata Atlântica, têm contribuído de forma cada vez maior para o processo de desertificação da Região Sudeste e, em particular, da bacia do Paraíba do Sul, ao afetar os níveis dos reservatórios devido aos baixos índices pluviométricos.

Entende-se, assim, que a conjunção de fatores naturais e, sobretudo, as ações antrópicas são responsáveis pelo processo de desertificação cada vez mais acelerado na Região Sudeste, particularmente na bacia hidrográfica do Paraíba do Sul. A crise hídrica que atinge a região como resultante da desertificação que ocorre de forma expansiva tem repercutido sobre as comunidades ribeirinhas e sobre os trabalhadores rurais que dependem do Rio Paraíba do Sul para sua subsistência.

Também, a cultura extrativista ancestral ainda é uma verdade que escandaliza a sociedade num momento onde a palavra da moda é “sustentabilidade”. Assim, o café produzido desde o segundo terço do século XIX até início do século XX dizimou grande parte da região e, a partir daí, abriu espaço para outras monoculturas sem o devido controle (MARCONDES, 2005). Da mesma forma, muitas regiões enfrentam hoje sérios problemas relacionados à escassez de água. Essa situação pode estar relacionada à falta de planejamento de uso dos recursos naturais, como o caso das culturas ancestrais citadas acima e não só em atividades agropecuárias, mas também em expansões urbanas. Pode-se notar que os fatos levam a outros em um círculo pois, em casos de falta de biodiversidade, o ambiente se retrai e não

consegue retomar o ímpeto de se regenerar, isto principalmente pela incapacidade de absorção de água, condição “sine qua non” para que haja reestruturação do solo.

Assim, com os olhos nas possibilidades oferecidas na própria natureza, voltamos o foco para as compensações hídricas, das quais podemos dispor. Hoje muitos municípios das diversas regiões do estado, ou do país, ou do mundo, perecem por falta de recurso hídrico, e essa informação é de domínio público (LIMA *et al.*, 2010). O trabalho de criar uma metodologia específica e bem detalhada para a implantação das técnicas de recargas hídricas poderá auxiliar muitas comunidades no sentido de aumentar proporcionalmente a umidade do solo, contribuindo com a revigoração das nascentes e reestabelecimento dos corredores ecológicos, enquanto a ciência agrária estuda condições para que haja pareamento da agricultura com a floresta, assim como os esquemas de “agrofloresta” que tratam de possibilidades infinitas num campo de necessidades prementes (LIMA *et al.*, 2010).

Na pauta do dia, a crise da água pode deixar de ser apenas mais um assunto corriqueiro para se transformar em fator determinante do que as pessoas poderão continuar levando à mesa. Embora exista um pouco de alarmismo envolvendo o assunto, há um problema real com o qual os agricultores já estão tendo de lidar, em maior ou menor escala. A Federação da Agricultura e Pecuária do Estado do Espírito Santo (FAES) aponta que a atual crise hídrica pode afetar a segurança alimentar do país (MOREIRA, 2016).

São muitas as razões que podem justificar a escassez de água e seu impacto sobre a produção e distribuição de alimentos. Dentre todas elas, a de ligação mais imediata com o tema, passa por uma análise simples do crescimento populacional. Em 1950, eram 2,5 bilhões de pessoas no mundo, enquanto a previsão da Organização Mundial das Nações Unidas (ONU) é que, até 2050, esse número chegue aos 9,6 bilhões (exame.com, 2013). Isso significa que, nas próximas três décadas e meia, a demanda global por água deve aumentar 55%. E, embora essa seja uma estimativa para o futuro, o aumento da demanda é um movimento em curso.

Ao considerar o fato de que a produção agropecuária é totalmente dependente da água, não é difícil entender os motivos que levam muitos especialistas a alertarem para os riscos de uma possível crise no abastecimento. “A noção de que temos água em abundância deve ser modificada. Apesar de termos muita água, temos uma demanda crescente em todos os setores que, aliada às variações climáticas (e

talvez às mudanças climáticas), traz e poderá trazer outras crises como essa” (FAES, 2014).

Os estudos de MARCELINO *et al.* (2006) e WANDERS e WADA (2015) chamam atenção para a relação do crescimento populacional e das mudanças climáticas no mundo, evidenciando a necessidade de intensificar esforços nos estudos do clima como forma de minimizar seus efeitos adversos nas futuras gerações. O Programa Mundial de Levantamento sobre a Água da ONU, levantou que o setor agrícola responde por 72% do consumo de água no Brasil.

Quando ocorrem cheias ou secas extremas, o público em geral relaciona imediatamente estas ocorrências às alterações sobre a vegetação natural, o que fez com que o papel da vegetação sobre os processos hidrológicos se tornasse objeto de discussão científica ao longo dos dois últimos séculos (ANDRÉASSIAN, 2004), por isso muitos estudos têm sido realizados para compreender essa relação, com alguns pontos sendo elucidados, enquanto outros ainda continuam sem conclusão.

Durante a precipitação numa bacia, apenas uma parte atinge a superfície do solo, pois uma fração considerável da mesma será retida pela vegetação ou pela serapilheira e evaporada durante ou logo após a precipitação (BRUIJNZEEL, 1990). A evapotranspiração real engloba a transpiração e a evaporação (pelas plantas, serapilheira e solo), definida como o processo de transferência de água da superfície do solo e da cobertura vegetal para a atmosfera. A evapotranspiração sob diferentes coberturas vegetais não depende apenas do tipo de vegetação, mas também do solo e do clima da bacia. Mudanças da evapotranspiração devido a mudanças na cobertura vegetal tem um grande impacto no balanço hídrico (BEST *et al.*, 2007).

O escoamento pode se dar pela superfície (fluxo superficial), pela subsuperfície (fluxos subsuperficiais) ou pelo fluxo de base. Os dois primeiros são responsáveis pelo fluxo rápido e o último pelo fluxo lento, de modo geral, todas estas formas de escoamento ocorrem simultaneamente na bacia. Quando a intensidade da precipitação excede a capacidade de infiltração no solo tem-se a ocorrência do escoamento superficial hortoniano, definido como escoamento que ocorre em superfícies que tem sua ocorrência restrita a áreas com solos muito rasos, densa vegetação, com baixa taxa de infiltração, ou regiões desérticas ou semi-áridas (BRUTSAERT, 2005). Quando o solo é saturado pela ascensão do lençol freático até a superfície tem-se o escoamento por excesso de saturação (DUNNE e BLACK, 1970), que é a forma de escoamento superficial predominante. A conectividade

hidrológica é definida como a ligação entre as regiões da bacia hidrográfica por meio do fluxo de água (BLUME e VAN MEERVELD, 2015).

Variável no tempo, o fluxo pode conectar partes da bacia durante eventos de chuva, marcando a ligação física entre o sistema terrestre e aquático (EDWARDS e WETZEL, 2005). O processo de maior importância dentro da conexão depende da escala adotada podendo a conexão ser descrita por aspectos estáticos da paisagem, como as características físicas da bacia (conectividade estrutural), ou pelas variações de curto prazo da frequência e intensidade dos eventos de precipitação (conectividade funcional) (TOLEDO, 2013). Os limiares a serem superados para desencadear a conexão é um conceito crítico para a compreensão da resposta hidrológica da bacia na escala de tempo do evento (SAFFARPOUR *et al.* 2016). A precipitação total, a intensidade máxima de chuvas e as variações sazonais de umidade antecedente controlam o limiar da conectividade (ZIMMERMANN *et al.* 2014). Mas a chuva não é único fator relevante, sendo as características da superfície do solo e a microtopografia controles importantes na geração do fluxo terrestre, tornando as redes de fluxo dinâmicas para uma ampla gama de configurações topográficas, geológicas e climáticas (GODSEY *et al.*, 2014).

O percurso da precipitação a partir do momento que alcança a superfície até os canais de drenagem é uma pergunta que não pode ser respondida facilmente. De maneira geral, os mecanismos de geração de escoamento superficial podem ser classificados em: i) excesso de infiltração (MCDONNELL *et al.*, 2013), também chamado de escoamento hortoniano (HORTON, 1933), definido acima; ii) áreas de saturação (BACHMAIR e WEILER, 2011); iii) fluxo de retorno (ZIMMERMANN *et al.*, 2014). Ainda existe a categoria "fluxo da camada orgânica" (WEILER *et al.*, 2004), quando ocorre na camada de raízes próximas à superfície. Essa divisão entre os mecanismos é uma forma esquemática para tentar compreender os processos hidrológicos, mas podem vir a estar relacionados entre si em uma abordagem integradora que visualiza todos os mecanismos como um único processo, mas descrito sobre diferentes perspectivas e escalas (MCDONNELL *et al.*, 2013). Essa abordagem permite a extrapolação do sistema hídrico a outras disciplinas, incidindo diretamente em alguns problemas de interesse social, como sustentar o fluxo durante as secas e restaurar os ecossistemas produtivos terrestres e aquáticos (GRANT *et al.*, 2017). Assim, como na figura 9, o conhecimento dos limiares que controlam a conectividade do fluxo terrestre é essencial para a compreensão e previsão das

respostas de escoamento superficial e qualidade dos corpos hídricos (BLUME e VAN MEERVELD, 2015).

Figura 9 – Aspecto Geral da Modelagem Hidrológica



Fonte – Disponível em: forumirrigacao.blogspot.com.br/2012

1.5 – Estrutura da Dissertação

Este trabalho está dividido em 07 partes. Dentro dessas 07 partes se desenvolvem a introdução, o desenvolvimento e a conclusão.

A introdução é parte do texto em que foram expostas as ideias e o assunto proposto em discussão. Traz as razões que podem justificar a escassez de água e como deve ser trabalho de construção dos dispositivos referentes a caixa seca e barraginhas.

A Revisão Sistemática de Literatura é o estudo que tem como objetivo reunir materiais afins, de vários autores, para se ter análise metodológica sobre o assunto e o que já se tem de material publicado sobre as questões semelhantes. Foram encontrados dentro das publicações acadêmicas pesquisadas muitas discussões com afinidades sobre os dispositivos, entretanto, não foi encontrado uma metodologia que dê sustentação à construções de caixas secas e barraginhas com atributos requeridos à uma utilização ótima, como, local de instalação, dimensões, etc.

A Metodologia, a qual se encontra dentro do “cluster” de desenvolvimento do trabalho, são os caminhos ou regras estabelecidas para se chegar ao desenvolvimento de uma pesquisa. Utilizou-se bases acadêmicas de hidrologia,

topografia e geotecnia a fim de se desenvolver um padrão para construção de um sistema que desse resultado e revertesse o “problema de falta de umidade na região afetada por secas”. Desenvolveu-se um estudo amplo na área de solo para se determinar o tipo de solo predominante na região do estudo e assim uma planilha eletrônica foi desenvolvida e disponibilizada através de um site na “web”, onde qualquer pessoa possa, como entrada de dados simples, obter e planejar os dispositivos, considerando que a planilha pode retornar a área ideal de solo, dentro de várias cavas (caixas secas ou barraginhas), no trecho estudado.

Os Resultados e discussões se acham na fase denominada “conclusão do trabalho”. É a parte do trabalho dedicada a apresentar, comentar e interpretar os dados pesquisados. Nesse ponto evidenciou-se que houve modificação no “status” da região com relação a umidade e que o sistema ajudará o ambiente a repor suas condições iniciais aumentando a oferta de água nos mananciais.

As Considerações Finais avaliam os resultados e verificam se os objetivos foram alcançados. Acredita-se que os indicativos utilizados foram de bastante importância para que o projeto alcance seus objetivos.

As Referências são o conjunto de obras acadêmicas utilizadas no texto. Muitos trabalhos verificados trouxeram à luz da pesquisa caminhos necessários para o norteamento do trabalho

Os Anexos são os documentos não elaborados pelo autor, que servem de fundamentação, comprovação ou ilustração ao trabalho, tais como as tabelas e informações que viabilizam o projeto.

2 – REVISÃO SISTEMÁTICA DE LITERATURA

Segundo C. WOHLIN *et al* (2012), revisões sistemáticas de literatura são realizadas para identificar, analisar e interpretar todas as evidências disponíveis relacionadas a uma questão de pesquisa específica. Tem como objetivo fornecer uma imagem completa e abrangente das evidências e deve ser conduzido de forma científica e rigorosa.

O processo de revisão sistemática de literatura foi adaptado de outras áreas (principalmente medicina). Está estruturado em três etapas: planejamento, condução e relatórios de planejamento. Entende-se que para a pesquisa em curso a fundamentação teria a mesma natureza. Ele pode ser vista como um método de pesquisa para revisão e o planejamento inclui várias ações, ou seja:

- Identificação da necessidade de uma revisão: Vários organismos, principalmente governamentais, buscam por processos que aumentem a umidade no solo, considerando todos os parâmetros ligados a possíveis causas de desertificação. Mesmo que não publicados, estes estudos, denominados por alguns de “literatura cinza”, merecem atenção a fim de despertar novas idéias ao pesquisador.
- Especificação da (s) questão (ões) de pesquisa e o desenvolvimento de um protocolo para a necessidade de revisão: “Strings” de pesquisa bem orientadas.

C. WOHLIN *et al* (2012), considera que motivação para um pesquisador, seria compreender o estado da arte em uma área de pesquisa e motivação para um profissional seria usar evidências empíricas para apoiar a tomada de decisão. As perguntas da pesquisa devem ser bem planejadas, discutidas e formuladas, uma vez que elas definem o foco para a identificação dos estudos primários; a extração dos dados dos estudos e a análise dos dados PICOC.

Para o atual estudo, as perguntas-chave serão:

a) Existe uma revisão sistemática de literatura pré-existente na área?

Resposta: Existem revisão sistemática pré-existente para o assunto, entretanto o material não se atém aos pontos abordados.

b) Foram relatados dados suficientes especificando questões?

Resposta: Os dados não são considerados suficientes em razão do “foco” do estudo, os quais são baseado em premissas de engenharia cartográfica, hidrológica e geotécnica.

Aspectos PICOC a ter em conta:

População: pessoas, programas ou negócios.

Acredita-se que toda a população abrangida por uma microbacia pode empreender o sistema de absorção de umidade no solo, considerando os parâmetros técnicos apresentados, objetivando o melhor desempenho possível do processo.

Intervenção: tecnologia, ferramenta em estudo.

O processo se utiliza de duas vertentes: a primeira o estudo de engenharia baseada em cartografia, hidrologia e geotecnia e, depois, a aplicação no local, com utilização de pequena escavadeira, conservando os dados estudados.

Comparação: como se define o tratamento?

Resposta: É função dos parâmetros técnicos relatados, uma vez que bacias e microbacias possuem características próprias entre si.

Resultados: quão práticos são os resultados?

Resposta: Aumento da umidificação solo. Os resultados, na prática, podem ser estudados ou visualizados de forma bastante efetiva, considerando a revigoração do estado ambiental local, demonstrando que processos mitigatórios estão sendo considerados para a recuperação do entorno.

Contexto com academia ou indústria?

Resposta: No contexto acadêmico.

De acordo com C. WOHHLIN *et al* (2012), realizar uma revisão sistemática de literatura significa colocar o protocolo de revisão em prática e Inclui:

- Identificação da pesquisa;
- Seleção de estudos primários;
- Avaliação da qualidade do estudo;
- Extração de dados e síntese de dados de identificação da pesquisa.
- Requer a especificação de uma string de pesquisa e sua aplicação aos bancos de dados.
- Pode incluir busca manual e automatizada: Por exemplo, a busca manual é realizada em sites de autores ou eventos locais. Ajuste para evitar muitos falsos positivos e duplicatas (de fontes diferentes).
- Remover duplicatas e literatura cinza
- Seleção de estudos primários
- Definir critérios de inclusão e exclusão. Os critérios devem ser definidos antes da busca, para evitar vieses, porém, podem ser ajustados. Muitas vezes é suficiente ler o título e o resumo por pelo menos dois pesquisadores e, devem avaliar cada artigo (e verificar se há concordância).
- Avaliação da qualidade do estudo.

Estudos publicados podem relatar resultados contraditórios. É importante analisar as causas das contradições. A avaliação da qualidade pode levar à exclusão de alguns estudos primários (literatura cinzenta). A revisão por pares é geralmente necessária para avaliar a qualidade dos estudos.

Uma vez que a lista de estudos primários é decidida, os dados podem ser extraídos. Um formulário é freqüentemente usado para organizar os dados. A extração de dados é baseada nas questões de pesquisa. Síntese analítica (valores numéricos). Número de artigos, características, data de extração, local de publicação, etc. Síntese de dados. Métodos e ferramentas estatísticas devem ser usados para

apresentar os dados extraídos. A síntese narrativa tabula os dados para responder às questões da pesquisa. Gráficos de dispersão e gráficos de caixa podem ser usados para visualizar os resultados. Exemplos de métodos de síntese:

- Análise Temática: Visa identificar, analisar e relatar padrões ou temas.
- Síntese narrativa: Conta "uma história" a partir de evidências de estudos primários.
- Análise comparativa: Tem como objetivo explicar as relações entre os estudos primários relatando a avaliação.

Estudos de mapeamento e revisão sistemática de literatura:

Comparando estudos de mapeamento, as questões de pesquisa são mais amplas. O campo de estudo é menos explorado. Um estudo de mapeamento segue os mesmos princípios de revisão sistemática, mas busca um escopo mais amplo. A análise tende a ser mais qualitativa. Estudos de mapeamento vs. estudo de revisão sistemática de literatura = Objetivo da revisão.

Protocolo para a Revisão Sistemática de Literatura:

Strings de pesquisa final adotadas:

“reposição hídrica” – “solo” – “caixas secas AND barraginhas” ---- 42 artigos encontrados (Google Scholar, ago/2021), conforme apresentado na Tabela 1. O critério para escolha e exclusão dos itens analisados foram, respectivamente: maior relevância para o assunto em pauta e casos fora da região próxima ao estudo.

Tabela 1 - Seleção de trabalhos considerados relevantes para a Revisão Sistemática de Literatura.

1	SILVA, J.L. – Os custos da seca no semiárido: um estudo de caso no Vale do Jequitinhonha Mineiro, 2017
2	SOUZA, M. N. – Tópicos em recuperação em áreas degradadas, 2021
3	SILVA, M. L. N., <i>et al.</i> – Manejo e Conservação do solo e da água – Guia de estudos, 2015.
4	OLIVEIRA, M. L. N. de, - Manual operativo para implementação do pagamento por serviços ambientais na bacia hidrográfica do Ribeirão Lajeado - UGRHI-19 – São Paulo – Brasil, 2019.
5	PEDROSA, A. S. - Políticas hídricas sob o signo da convivência com o semiárido: desafios para a democratização das águas. 2018
6	VERDUM, R., <i>et al.</i> - Métodos e técnicas para o controle da erosão e conservação do solo. 2016
7	PROQUE, R. - Sustentabilidade de unidades de produção agrícola familiar, avaliada pela ferramenta ApoiaNovorural na Região do Planalto, Montes Claros – MG. 2010
8	OLIVEIRA, G. N. R. – Caracterização Regional e Propostas para a gestão do Aquífero Batalha, Estado de Minas Gerais. 2019
9	BATISTA, A. M. A. – O financiamento do desenvolvimento territorial: uma análise do PROINF nos Territórios da Cidadania Alta e Médio Jequitinhonha em Minas Gerais entre 2003/20015. 2017
10	10 - MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE - IBAMA. – Em dia com a natureza: Cartilha para Conversão de Multas Ambientais. 2020

Fonte: O autor

1 - Tal como as barragens-trincheira, as denominadas “barraginhas” são sistemas de contenção de água de chuva e barramento da água de enxurrada que fazem a reposição de lençol freático, sendo construídas normalmente em vertentes ou às margens das estradas rurais. No baixo rio Jequitinhonha, no município Jequitinhonha, as barraginhas são implantadas pela Secretaria Municipal de Desenvolvimento Econômico e Sustentável; em Rubim não foram localizadas barraginhas, e em Araçuaí e Cachoeira foram amplamente difundidas pelas prefeituras e pelo projeto CPCD/Arasempre” (SILVA, J.L., 2017: 89).

2 - Caixa seca ou “barraginhas. Este sistema consiste na instalação de um reservatório na margem de estradas rurais para captação das águas de chuva, visando evitar enxurradas, a erosão, o assoreamento dos córregos e rios, bem como reduzir a depredação das estradas pela chuva. Ainda, aumentar o armazenamento de água, o abastecimento do lençol freático, além de favorecer as nascentes e a vazão dos rios (ALBUQUERQUE; DURÃES, 2008; SOUZA, 2015). De fato, nada mais é que um “buraco” cavado em encostas nas margens das estradas que capta a água da chuva e os sedimentos por ela levados. Este método evita enxurradas, voçorocas, assoreamento dos rios e depredação das estradas. Além disso, contribui para o abastecimento do lençol freático e a regularização da vazão dos rios (SOUZA, M.N.,2021: 100)”.

3 - As bacias de captação de água conhecidas como barraginhas têm a função de captar as águas de escoamento dos terraços, canais divergentes e estradas. Ao dimensionar as bacias de captação de água, deve-se considerar o máximo escoamento superficial que pode ocorrer nos segmentos de estrada com declividade e comprimento de rampa definidos, a capacidade de infiltração de água no solo do local que irá receber o escoamento para permitir a captação e o armazenamento e posterior infiltração da água advinda das estradas ou outras estruturas... (SILVA, M. L N. *et al.*, 2017: 53)”.

4 - No programa PSA Água Vale do Paraíba foram definidas as seguintes atividades como serviços ecossistêmicos: a) controle de erosão e sedimentação; b) regulação do fluxo hídrico sazonal; c) manutenção e melhoria da qualidade da água. A identificação e a priorização das ações foram definidas por meio de troca de experiências, revisão da literatura sobre PSA, intercâmbio entre gestores, análise em

conjunto com os colaboradores para, enfim, hierarquizar as ações. A hierarquização das ações ficou assim definida conforme Tabela 2 a seguir:

Tabela 2 – Hierarquização dos serviços ambientais

HIERARQUIZAÇÃO DO SERVIÇOS AMBIENTAIS	MÉDIA
Restauração florestal de APPs hídricas	4,95
Proteção e conservação de fragmentos florestais	4,42
Controle de erosão em pastagens e áreas produtivas	4,39
Saneamento rural doméstico	4,17
Controle de erosão em estradas rurais	4,05
Ações de infiltração de águas - barraginhas	4,05
Restauração florestal de áreas com baixa aptidão agrícola	4,05
Saneamento agropecuário	4,00
Recomposição de Reserva Legal	3,89
Ações de conectividade da paisagem	3,83
Iniciativas de produção orgânica ou agroecológica	3,44
Instalação de bebedouros para dessedentação animal	3,33
Implantação de sistemas agroflorestais	3,32

Fonte: Instituto Oikos de Agroecologia (2015).

Fonte – Instituto Oikos de Agroecologia (2015)

O maior peso ficou para “restauração florestal de APPs hídricas visto que, de acordo com informações da referida bacia hidrográfica, ela possui mais de 88% de suas APPs hídricas 5 degradadas (INSTITUO OIKOS DE AGROECOLOGIA, 2015) apresentando um déficit de mais de 85 mil hectares que necessitam ser recuperados... (OLIVEIRA, M. L. N. de, 2019: 51).

5 - A barraginha é um açude pequeno construído em terrenos desgastados pela erosão, tendo a forma de um semicírculo com aproximadamente 16 metros de diâmetro. As barraginhas apresentam melhores resultados quando são construídas em série no decorrer de uma topo-sequencia. Dessa forma, ao terem seus reservatórios cheios, elas sangram, liberando água para abastecer as barraginhas posicionadas mais abaixo na paisagem. (PEDROSA, A. S., 2018: 167).

6 - Uma técnica comumente associada aos terraços é o sistema de canais escoadouros associados ou não a pequenas barraginhas, possibilitando a coleta do excesso de água e a contenção da erosão, impedindo a formação de *ravinas* e *voçorocas*. São canais de drenagem superficiais geralmente estabilizados por vegetação nativa (canal natural) ou implantada (canal artificial), situando-se de modo a aproveitar a depressão natural do terreno, sendo construídos com formas e declives convenientes, com secção trapezoidal ou parabólica. Estes canais, no entanto, não devem ser usados para escoamento de fluxo contínuo, pois a presença constante de

água pode afetar o desenvolvimento vegetal, comprometendo a estabilidade do canal. A vegetação a ser utilizada deve suportar as variações de temperatura locais, longos períodos de seca e não pode ser afetada por submersões periódicas. Além disto, seu estabelecimento deve ser rápido, com reduzido caráter invasor, porém apresentando o máximo revestimento possível (VERDUM, R., *et al*, 2016: 15).

7 - Segundo Chiodi (2009), 75% dos agricultores da região do Planalto desenvolvem algum cuidado com as fontes de água de suas unidades produtivas, como a proteção da vegetação no entorno de nascentes, a construção de barraginhas, impedimento da entrada de animais próximo às nascentes e não jogar lixo nas nascentes e margens de córregos (PROQUE, R., 2010: 105)”.

8 - A retirada da vegetação para a prática da agricultura proporcionou o aumento do escoamento superficial, gerando a redução do volume infiltrado nos locais de maior declividade. Com isso, recomenda-se a utilização de práticas de retenção do escoamento superficial, como o taludamento em curvas de nível e a construção de pequenas barragens de retenção propostas pela Embrapa e denominada de Sistema Barraginhas. Essas medidas devem ser aplicadas em áreas onde o escoamento superficial se concentra, podendo ser identificados por pequenos processos erosivos formados após os eventos chuvosos. Segundo a Embrapa, o Sistema Barraginhas consiste na construção de pequenos barramentos de água de chuva (mini açudes) à frente de cada enxurrada perceptível em áreas de pastagem, lavouras e adjacências de estradas. O sistema se aplica bem na recuperação de solos degradados (compactados ou erodidos), resultantes da não observação de práticas conservacionistas do solo e, além disso, contribui para o recurso hídrico subterrâneo, pois a água da chuva captada por cada barraginha se infiltra no solo sucessivamente durante a estação chuvosa, proporcionando a recarga e a elevação do lençol freático, além do umedecimento de baixadas. Vale frisar que estas não devem ser instaladas sobre gleissolos, pois as regiões de ocorrência destes solos (encharcadas ou continuamente úmidas) são protegidas por lei de qualquer tipo de intervenção, excetuado casos específicos que aqui não se aplicam (Art. 4º da Lei 12.651). (OLIVEIRA, G. N. R., 2019: 74). Ao conter as enxurradas (escoamento superficial), as barraginhas reduzem a erosão, o assoreamento e amenizam as enchentes. Ao reter a água da chuva, essas barraginhas proporcionam condições para que a água nelas represada infiltre no solo, atingindo assim o lençol freático (recarga). Depois que a água se infiltra por completo, o lençol freático tem seu volume aumentado e a

barraginha está pronta para receber as águas das próximas chuvas. Esse processo se repetirá sucessivamente em todo o ciclo chuvoso. Com isso, surgem minadouros em períodos de pouca chuva, e os mananciais responsáveis pela manutenção de nascentes e as veredas se fortalecem. A Embrapa recomenda que a construção de barraginhas ocorra durante a época mais úmida do ano, a qual se inicia após as duas primeiras chuvas e se estende de quatro a cinco meses após o encerramento do período chuvoso. Uma observação é que as barraginhas devem se localizar em áreas altas do terreno (inclinação inferior a 12%) e ao longo do caminho de enxurradas, com o objetivo de frear o escoamento superficial e, assim, favorecer a infiltração. (OLIVEIRA, G. N. R., 2019: 75).

9 - Exemplo de projeto que se insere nesta categoria é a aquisição de pás carregadeiras, que foi financiada pelo PROINF e aprovada pelo Colegiado Territorial do TC do Médio Jequitinhonha, com destaque para o projeto da pá carregadeira no município de Ponto dos Volantes. Esse projeto foi aprovado para atender assuntos relacionados à categoria “recursos hídricos”, haja vista que o equipamento foi amplamente utilizado para prestação de serviços de construção de barraginhas, de bacias de contenção e manutenção de estradas vicinais, assim como a aquisição de caminhões refrigerados e câmaras frias para estruturar o Abatedouro de Gado, contemplado pelo município de Comercinho. Ambos os projetos foram analisados em profundidade nesta dissertação. (BATISTA, A. M. A., 2017: 65). Outro trabalho que pode ser realizado pelo equipamento é a construção de bacias de contenção, escavações realizadas às margens de estradas vicinais com o objetivo de reduzir a erosão provocada por enxurradas, evitando a abertura de ravinas e voçorocas. Além destas atividades, faz ainda consertos de estradas e outras obras que tenham caráter comunitário, como terraplanagens e alargamento de estradas. (BATISTA, A. M. A., 2017: 105).

10 - Avaliar o estado de conservação do solo para pleno sucesso das intervenções, é necessária uma avaliação adequada das condições do solo que, a depender do grau de degradação observado na área, exigirá técnicas específicas de manejo e conservação. Ações corretivas poderão ser necessárias, tanto sob o ponto de vista físico (controle de processos erosivos, controle da drenagem superficial, descompactação por aragem ou subsolagem etc.) como químico (correção da acidez, adubação verde, orgânica ou química etc.).

Processos erosivos iniciais, médios ou avançados: registrar a presença de erosão superficial (laminar) ou em sulcos (ravinas, voçorocas) e a principal causa de ocorrência; Presença ou ausência de cobertura do solo: registrar a presença de cobertura vegetal, tipo (herbácea, subarbustiva, arbustiva etc.) e grau de cobertura (porcentagem do terreno coberto). Análise física: amostrar e analisar a integridade do perfil de solo, presença ou ausência de camada orgânica e o grau de compactação. Análise química: amostrar visando análise de, no mínimo, macro e micronutrientes, matéria orgânica e pH. Registro das técnicas de conservação já adotadas: boas práticas agropecuárias, agroflorestais e silviculturais voltadas à prevenção e ao controle de erosão e recuperação dos solos afetados (curvas de nível, terraços, cordões em contorno, cordões vegetados, bacias de contenção – barraginhas –, entre outros, isoladamente ou de forma associada). (MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE – IBAMA, 2020: 25).

Constatou-se que a grande maioria dos trabalhos abordados na revisão sistemática citam barraginhas e caixas secas trazendo a idéia de um processo destinado somente à conter a erosão, lixiviamento do solo e assoreamento, pelas águas das chuvas, e não como dispositivo de absorção natural de água para o subsolo, aumentando a umidade em geral do ambiente. Revelou-se também que a denominação “caixa seca” em quase todos os casos é citada como “bacia de contenção”, provocando uma ambiguidade contrária ou uma imprecisão, levando a crer ao estudioso que trata-se de dispositivos diferentes. Entretanto, o que se apresenta são dispositivos que possuem várias utilidades, acomodando-se assim ao meio que está sendo disposto. Como contenção de erosões e assoreamentos.

Os casos são mais expostos como barramentos de enxurradas durante fortes chuvas. Na maioria dos casos, descreve-se a situação de comunidades agrícolas ou rural em que os proprietários de terra acreditam no potencial dessas tecnologias para evitar erosão e fica claro que grande parte da literatura cita o uso desses sistemas como “tecnologias sociais para convivência com o ambiente rural”.

Percebe-se, com as tratativas de alguns órgãos governamentais ou não, ligados às comunidades rurais e/ou agrícolas, que a utilização dos dispositivos, independentemente do uso destinado a evitar-se danos com enchentes e enxurradas, acumula água permanentemente durante as chuvas e se colocado em terrenos e localização propícia, permite que essas águas acumuladas vazem para o subsolo, encharcando-o, permitindo que a umidade no solo mantenha as nascentes ou que

sigam recuperando os sítios dizimados, evitando-se assim o processo de desertificação.

3 – Metodologia

3.1 – O foco do estudo

Baseado na ideia da otimização de dois dispositivos que já são utilizados, a barraginha e a caixa seca, sem critério e ao que parece, sem destinação clara, adotou-se o modelo de estudar a tecnologia, aplicando como um sistema piloto, em uma região de topografia acidentada, ao longo de uma estrada vicinal, de forma que os resultados pudessem se apresentar em casos a serem melhorados, mostrando as dificuldades encontradas a fim de gerar uma “técnica prática” com procedimentos simples almejando-se alcançar os melhores resultados de umidificação no solo.

O local utilizado para o experimento foi a APA-Palmares, na zona rural do município de Paty do Alferes, região centro Sul do estado do Rio de Janeiro. A região, por ser uma área de preservação ambiental possui uma característica de floresta, sendo que existem muitos corredores de mata nativa em seu interior (mata atlântica). Como toda a região, vem sofrendo com longos períodos de estiagem durante os períodos de outono e inverno e que se estende nos últimos anos por parte da primavera, foi necessário identificar uma forma de auxiliar o solo da região, trazendo mais umidade resultante das chuvas do período do verão.

Com auxílio e participação da Secretaria de Meio Ambiente da Prefeitura de Paty do alferes, o estudo inicial visou obter os primeiros resultados utilizando os dispositivos caixas secas e barraginha, no período de chuvas e, assim, adotou-se o procedimento de distribuição dos dispositivos seguindo um critério basicamente topográfico, levando em consideração o formado da microbacia drenante e recorreu-se basicamente a não permitir que os volumes de chuvas correntes, dentro de um gradiente volumétrico, se espalhar-se pela “bacia” sem ser contido pela barraginhas ou caixas secas, infiltrando no solo, mesmo sabendo que volumes de grandes enxurradas não podem ser contidos.

3.2 – A descrição do processo

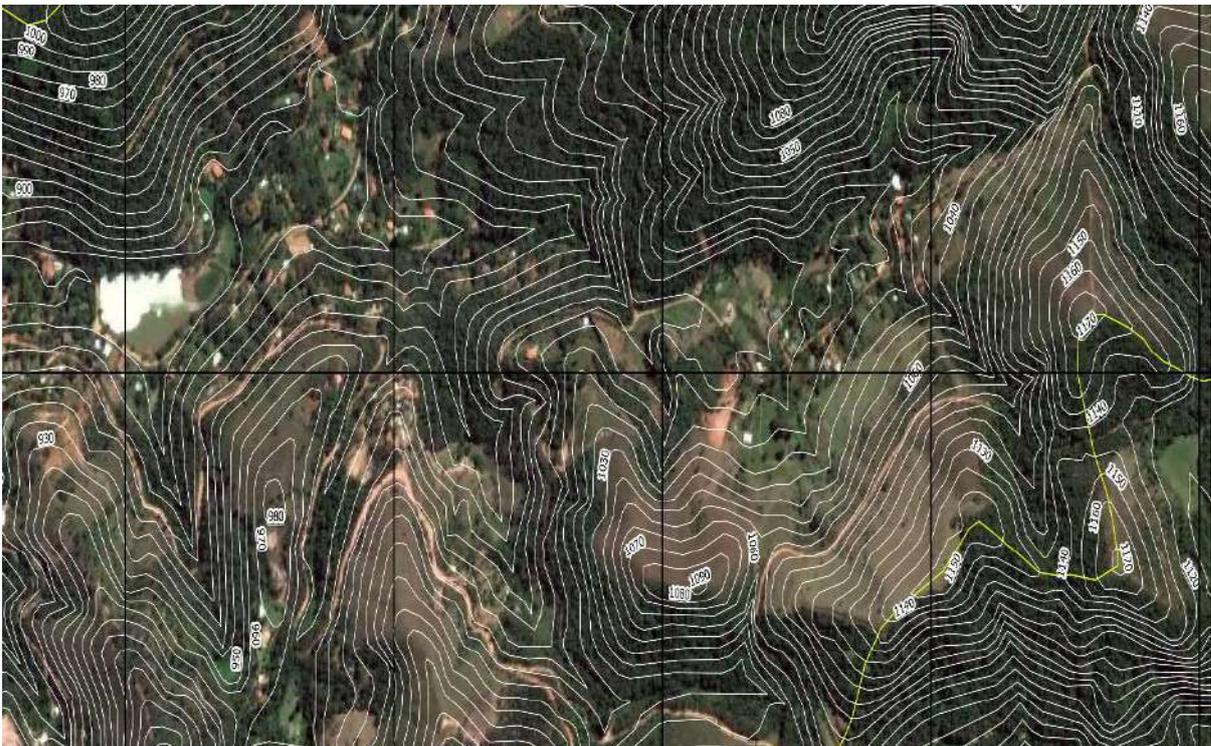
Para a aplicação dessa técnica e o estudo para seu aprimoramento, o trabalho foi desenvolvido à partir de 03 (três) premissas:

Em primeiro plano, realizou-se a escolha e a caracterização da região a ser estudada. Empreendeu-se estudo planialtimétrico na região contribuinte à montante, utilizando-se procedimentos “básicos” de conferência de dados “in locum” com auxílio de equipamento GNSS (*Georeferencial Navigator Satellite System*). Aplicou-se o software GIS (*Georeferencial Integrated System*) que se trata de um sistema que agrupa família de softwares destinados a compilar e analisarem dados geográficos (SOBRAL, 2017). Para um melhor desempenho possível, o levantamento efetuado teve precisão de curvas de nível (linhas de *off-set*) a cada 10m, visando-se determinar declividades, dobras e divisores de águas, estabelecendo-se os parâmetros para deságues e, assim determinar-se o volume pluvial resultante de corredeiras.

Em segundo plano determinou-se, através do planilhamento resultante do levantamento topográfico de volumes de entrega e passagem, os pontos de aberturas de caixas secas e barraginhas, baseados nas curvas de níveis demonstradas no *off-set* demonstrado.

E, em terceiro plano, o estudo geotécnico de comportamento do solo frente aos conceitos de infiltração e permeabilidade, tratado aqui como “condutividade hidráulica”. O conceito físico de infiltração pode ser gerado à partir dos caimentos demonstrados nas curvas de nível apresentados na figura 10.

Figura 10 – Planta com linhas *offset* da área referente ao projeto piloto da APA-Palmares



Fonte: Autor - Geofoto referenciada com Sistema GIS - Paty do Alferes-RJ-2017/18

Para este estudo e, com o objetivo de criar metodologia construtiva, foram utilizados os mesmos critérios técnicos disciplinares de engenharia. Entretanto, neste trabalho, não abordamos a obtenção de recurso hídrico extraído em poços profundos, ou diretamente de rios e lagos e sim de um recurso relativamente inesgotável que se sucede a cada temporada e deve ser aproveitado como fonte de sustentabilidade, as chuvas. Para obter-se um aproveitamento satisfatório de um conjunto de equipamentos desta natureza, dedicado a bombear água para o solo e, daí produzir um método de aplicabilidade com bom percentual de acerto, optou-se por critérios que se apresentem de forma natural, em relação ao local (ambiente de instalação do sistema). Necessário produzir padrões construtivos de caixas secas e barraginhas que consigam se ajustar ao máximo ao volume de águas superficiais, fazendo que elas infiltrem no solo e não interfiram no traçado das estradas vicinais, considerando serem elas na maioria das vezes estreitas e de acesso difícil. A distribuição dos dispositivos deve seguir padrões construtivos com relações estreitas ao estudo hidrográfico das microbacias drenantes.

3.3 – escoamento Superficial

Durante as observações de comportamento do estudo, foi verificado que uma grande e principal variável não havia sido considerada, o da capacidade do solo a absorver a água no tempo previsto, dando ao sistema a capacidade de reagir contra os volumes de chuvas oferecidos e conhecidos pela variada literatura disponível sobre a pluviometria local. Dessa forma recorreu-se aos conhecimentos de geotecnia para que fosse conhecido a capacidade de absorção do determinado tipo de solo para cada caso de dispositivo, já que a característica do substrato difere nos diversos pontos, naquele caso.

O escoamento superficial é definido como a água que flui pela superfície até encontrar os canais de drenagem (HORNBERGER *et al.*, 1998). O mecanismo que determina o percurso da água a partir da precipitação que alcança a superfície até os canais de drenagem é uma pergunta que não pode ser respondida facilmente (DAVIE, 2002). HORNBERGER *et al.* (1998) propõem quatro processos principais pelos quais a água precipitada pode chegar até as vertentes: precipitação direta sobre os canais ativos, escoamento superficial, escoamento subsuperficial e fluxo subterrâneo. Mas, em síntese, o escoamento pode ser gerado por excesso de infiltração, áreas de saturação e afloramento do lençol, já dito anteriormente. Todos estes são mecanismos

de escoamento que contribuem para o fluxo, mas a importância relativa de cada um deles depende da bacia em estudo e das características das chuvas durante uma tempestade (DAVIE, 2002).

No momento em que um solo recebe água, esta se infiltra até alcançar a capacidade máxima de infiltração, ou a máxima taxa com que o solo, em uma dada condição, é capaz de absorver água. Quando a capacidade máxima de infiltração do solo é superada, uma parte da precipitação acumula-se na superfície podendo ocorrer escoamento superficial. Sob esta hipótese, a taxa de infiltração de um solo atua como uma barreira de controle ou dispositivo de divisão. Assim, conforme demonstrado na figura 11, onde a capacidade de infiltração de um solo é baixa, o escoamento superficial hortoniano ocorre facilmente (DAVIE, 2002).

Figura 11 – Barraginha após o evento de chuva



Fonte: Circular Técnica nº 177 – EMBRAPA

A taxa de infiltração e condutividade hidráulica são as propriedades mais importantes para a resolução de problemas relacionados ao movimento, redistribuição e retenção da água no solo (FONSECA, 2011). A infiltração é definida como a entrada de água no solo através da interface solo-atmosfera, sendo um processo de superfície (LIBARDI, 1995). De maneira geral, a partir de condições de solo seco, a infiltração apresenta uma taxa inicial alta, a qual diminui gradativamente durante uma chuva prolongada, até que atinge um valor constante. A diminuição da velocidade de infiltração é função do decréscimo do gradiente de potencial total da água do solo na superfície. Depois de certo tempo, quando o gradiente tende à estabilidade, a

velocidade torna-se praticamente constante. Essa capacidade máxima de infiltração depende da velocidade de percolação, que é o avanço vertical e da percolação da água no perfil do solo (CASTRO, 1999; HORTON, 1933).

A capacidade de infiltração do solo resulta de diversos fatores, entre ele água disponível para infiltrar, da natureza do solo (granulometria, textura e estrutura), estado da superfície do solo e quantidades de água e ar inicialmente presentes no solo. A cobertura vegetal é responsável pelo aumento da macroporosidade da camada superficial e protege os agregados do impacto direto das gotas de chuva e, conseqüentemente, é capaz de manter altas taxas de infiltração e diminuir consideravelmente as perdas de água e solo (FONSECA, 2011).

3.4 – Condutividade Hidráulica

Condutividade hidráulica (K) é a propriedade que o solo apresenta de permitir o escoamento da água através de seus poros e entre as camadas do solo (CAPUTO, 1996; GONÇALVES e LIBARDI, 2013). Na literatura, a condutividade hidráulica é denominada também permeabilidade, sendo representada pelo coeficiente de permeabilidade ou coeficiente de condutividade hidráulica, denominações que correspondem a uma mesma grandeza. Essa propriedade está diretamente relacionada com o número de vazios (porosidade), distribuição e forma das partículas, além da temperatura, que afeta a viscosidade do fluido (FEITOSA; MANOEL FILHO, 2000). Em um dado solo, a condutividade hidráulica é função do teor de umidade, tanto maior quanto mais úmido o solo, sendo que atinge o valor máximo com o solo saturado e é nula com o solo seco (CAUDURO e DORFMAN, 1986).

A condutividade hidráulica do solo saturado (K_{sat}) descreve a funcionalidade de seu sistema poroso, como quantidade, tamanho, morfologia, continuidade e orientação dos poros. Pelo fato da condutividade hidráulica na condição saturada depender em grande parte da forma e continuidade destas propriedades, K_{sat} varia fortemente de um local a outro, apresentando valores extremos em determinadas áreas e podendo diferir também nas distintas camadas do solo. A condutividade hidráulica na condição saturada é mais dependente, portanto, da estrutura do que da textura do solo e, ao elevar o grau de agregação de um solo o valor dela aumenta. O efeito da estrutura e em especial dos macroporos (diâmetro maior do que 50 μm) possibilita a um solo argiloso exibir valores de K_{sat} similares ao arenoso.

Todas essas propriedades do espaço poroso que influenciam a condutividade do solo podem ser reunidas no termo único chamado “geometria porosa dos solos” (FONSECA, 2011; GONÇALVES e LIBARDI, 2013).

Segundo a CETESB, 2021, o solo é um meio complexo e heterogêneo, produto de alteração do remanejamento e da organização do material original (rocha, sedimento ou outro solo), sob a ação da vida, da atmosfera e das trocas de energia que aí se manifestam, e constituído por quantidades variáveis de minerais, matéria orgânica, água da zona não saturada e saturada, ar e organismos vivos, incluindo plantas, bactérias, fungos, protozoários, invertebrados e outros animais.

De acordo com SOUZA, M.N. (2021), o solo é constituído de compostos sólidos provindos das rochas e da matéria orgânica, de líquidos e de gases. A presença desse material orgânico possibilita que as partículas sólidas mais finas, resultado final da ação do intemperismo sobre a rocha, possam formar agregados que se estruturam em uma forma definida, inclusive formando horizontes distintos ao longo do perfil. Essa estrutura, que possui esses espaços vazios, denominados poros (macro e microporos), tem a capacidade de armazenamento de líquidos e gases. Quanto maior for o equilíbrio entre essas três fases, propiciarão maior atividade biológica e o estabelecimento do processo de ciclagem biogeoquímica, favorecendo o estabelecimento e o desenvolvimento da vegetação (VIEIRA; SANTOS; VIEIRA, 1988).

As proporções destas partículas (Tabela 3), determinam a textura do solo. O arranjo das diversas partículas, conforme a tabela 4, juntamente com os efeitos cimentantes de materiais orgânicos e inorgânicos, determinam a estrutura do solo, destacada na figura 12.

Tabela 3 – Proporções das partículas de solo

Partículas	Diâmetro (mm)	Partículas	Diâmetro (mm)
Matacões	> 200	Areia fina	0,20-0,05
Calhaus	200-20	Silte	0,05-0,002
Cascalhos	20-2	Argila	< 0,002
Areia grossa	2-0,20		

Fonte: RESENDE *et al.*, 2002.

Tabela 4 – Classificação dos solos nos valores de condutividade

Grau de Condutividade Hidráulica	Condutividade Hidráulica Ksat (mm/h)
Alta	$> 36 \times 10^3$
Média	$36 \times 10^3 - 36$
Baixa	$36 - 0,36$
Muito Baixa	$1,4 \times 10^{-3} - 3,6 \times 10^{-3}$
Praticamente impermeável	$< 3,6 \times 10^{-3}$

Adaptado de Mitchell (2005)

Figura 12 – Partículas predominantes no solo – areia, argila e silte.



Fonte: RESENDE *et al.*, 2002.

A caracterização granulométrica do solo apresenta grande influência nos valores de Ksat, sendo as argilas as mais impermeáveis e as areias grossas as que permitem maior fluxo por seus poros. A tabela 5 traz os valores básicos de permeabilidade entre partículas do solo.

Tabela 5 – Valores típicos de permeabilidade de solos sedimentares

Material	Coefficiente de Permeabilidade (mm/h)
Argilas	$< 3,6 \times 10^{-3}$
Silte	$3,6 a 3,6 \times 10^{-3}$
Areias argilosas	0,36
Areias finas	36
Areias Médias	360
Areias grossas	36×10^3

Fonte - Adaptado de: Pinto (2002)

3.5 – Característica do solo brasileiro.

Segundo a EMBRAPA, 2021, o Brasil possui uma grande diversidade de solos em sua extensão continental, decorrente da ampla diversidade de pedoambientes e de fatores de formação do solo. Nas 13 classes de solos contidas no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SiBCS), constata-se a influência desses fatores

através da grande variabilidade das características químicas, físicas e morfológicas. A ampla peculiaridade observada nos pedoambientes também representa uma condição importante para a avaliação dos potenciais e limitações de cada solo, condicionando a sua sustentabilidade em função dos usos e das práticas de manejo aplicadas. Predominam os Latossolos, Argissolos e Neossolos, que no conjunto se distribuem em aproximadamente 70% do território nacional. As classes Latossolos e Argissolos ocupam aproximadamente 58% da área e são solos profundos, altamente intemperizados, ácidos, de baixa fertilidade natural e, em certos casos, com alta saturação por alumínio. Também ocorrem solos de média a alta fertilidade, em geral pouco profundos em decorrência de seu baixo grau de intemperismo. Estes se enquadram principalmente nas classes dos Neossolos, Luvisolos, Planossolos, Nitossolos, Chernossolos e Cambissolos.

Segundo o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos - SiBCS (EMBRAPA, 2017), a classificação de solos no Brasil tem sido matéria de interesse essencialmente motivado pela necessidade decorrente de levantamentos pedológicos, os quais, por natureza, constituem gênero de trabalho indutor de classificação de solos. A classificação pedológica nacional vigente consiste numa evolução do antigo sistema americano, formulado por Baldwin et al. (1938) e modificada por Thorp e Smith (1949). Esta classificação, que veio a ser nacionalizada, tem sua base fundada, em essência, nos conceitos centrais daquele sistema americano, contando, porém, com o amparo complementar de exposições elucidativas de conceitos e critérios proporcionados por algumas obras-chave, principalmente as de autoria de Kellogg (1949) e Kellogg e Davol (1949) sobre Latossolos; Simonson (1949) referente a Podzólicos Vermelho-Amarelos; Winters e Simonson (1951) e Simonson et al. (1952) pertinentes a diversos grandes grupos de solos; Estados Unidos (1951) relativa a Solos Glei e Solos Salinos e Alcalinos; Tavernier e Smith (1957) acerca de Cambissolos; e Oakes e Thorp (1951) sobre Rendzinas e Vertissolos (Grumossolos).

Os conceitos centrais do antigo sistema americano formam a base da atual classificação brasileira transmutada, cuja esquematização atual descende de modificações de critérios, alteração de conceitos, criação de classes novas, desmembramento de algumas classes originais e formalização de reconhecimento de subclasses de natureza transicional ou intermediária. O processo foi sempre motivado pela apropriação das modificações às carências que se iam revelando, com a realização de levantamentos em escalas médias e pequenas, em que concorriam

classes de categorias hierárquicas mais elevadas. O enfoque principal sempre esteve dirigido ao nível hierárquico de grandes grupos de solos, aliado ao exercício da criatividade tentativa no que corresponde ao nível de subgrupo, visto que classes dessa categoria nunca foram estabelecidas no sistema primitivo (Baldwin et al., 1938; Thorp; Smith, 1949).

As modificações se iniciaram na década de 1950, com os primeiros levantamentos pedológicos realizados pela então Comissão de Solos do Centro Nacional de Ensino e Pesquisas Agrônômicas (CNEPA). Tornaram-se mais intensas a partir do final daquela década, com amplo uso de princípios que foram sendo reconhecidos em paralelo às aproximações com o novo sistema americano de classificação de solos, que então se desenvolvia (Estados Unidos, 1960), dando origem ao Soil Taxonomy, classificação oficial atualmente vigente naquele país (Estados Unidos, 1975, 1999). Muitas concepções surgidas com a produção desse novo sistema foram absorvidas na classificação em uso no Brasil. Igualmente, alguns conceitos e critérios firmados no esquema referencial do mapa mundial de solos (FAO, 1974) e no WRB (IUSS Working Group WRB, 2015) foram também assimilados no desenvolvimento da classificação nacional.

No levantamento pedológico do Estado de São Paulo (Lemos et al., 1960), foi reconhecido que horizontes pedogenéticos distintivos, próprios de determinados solos, são legítimos como critério diagnóstico para estabelecimento e definição de classes de solos em se tratando de sistema natural de classificação. Assim, foram, pela primeira vez no Brasil, empregados conceitos de horizonte B latossólico e horizonte B textural. Como contribuições adicionais das pesquisas básicas de levantamento de solos daquele trabalho para a classificação pedológica brasileira, contam-se a conceituação de Latossolos e a subdivisão tentativa de classes dos Latossolos em decorrência das variações encontradas (Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho-Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo, Latossolo Vermelho-Amarelo Húmico); a criação da classe Terra Roxa Estruturada; e a subdivisão dos Solos Podzólicos principalmente em razão de distinções texturais entre solos, expressão do B textural no perfil, extraordinário contraste textural entre os horizontes eluviais e o B textural e, sobretudo, elevada saturação por bases no B textural ou mesmo no solum, condição até então não explicitada na classificação de Solos Podzólicos tropicais. Já o levantamento pedológico realizado no sul de Minas Gerais (Camargo et al., 1962)

reconhece o horizonte B incipiente, diagnóstico para a classe que abrigava os Solos Brunos Ácidos – precursora da classe Cambissolos.

Daí por diante, os levantamentos pedológicos, que vinham sendo executados pela Comissão de Solos e por instituições sucessoras, foram demandando adequação aos solos que foram sendo identificados, especialmente no que diz respeito às diversidades de atributos e à variabilidade morfológica e de constituição. Por consequência, modificações e acréscimos foram sendo adotados, envolvendo reajustes e inovações em critérios distintivos, resultando nas normas descritas em CARVALHO *et. al.* (1988). Assim, repartições de grandes grupos iniciais foram sendo estabelecidas, decorrentes de disparidade em saturação por bases, atividade das argilas que têm como expressão a capacidade de troca de cátions dos colóides inorgânicos, saturação por sódio, presença de carbonato de cálcio, mudança abrupta de textura para o horizonte B, entre outros distintivos.

A coleção de critérios veio a abranger variados atributos diagnósticos, a par de diversos tipos de horizontes A, de horizontes B e de outros horizontes diagnósticos de posição variável nos perfis de solo, os quais foram assimilados com o correr do desenvolvimento do novo sistema americano de classificação pedológica (Estados Unidos, 1960, 1975, 1999, 2009) e do esquema FAO (1974, 1990) e WRB (IUSS Working Group WRB, 2015). Várias classes de solos de alto nível categórico foram incluídas para incorporar a classificação de tipos de solos expressivamente distintos, os quais foram sendo identificados durante levantamentos pedológicos realizados na ampla diversidade de ambiências climáticas, geomórficas, vegetacionais e geológicas do território nacional.

O outro aditamento ao sistema adveio de estudo de verificação de solos na região Sul do País, dando a conhecer, no planalto de Curitiba, solos *sui generis*, motivando a proposição da classe Rubrozém (Bramão; Simonson, 1956). Também da década de 1950 provém o reconhecimento da classe Hidromórfico Cinzento (Barros *et al.*, 1958), constituindo derivação a partir de Planossolo e Glei Pouco Húmico do sistema americano, então vigentes (Baldwin *et al.*, 1938; Thorp; Smith, 1949). Posteriormente à distinção das classes Latossolo Roxo, Latossolo Vermelho- -Escuro e Latossolo Vermelho-Amarelo reportadas igualmente no referido levantamento do Estado de São Paulo, outras classes foram acrescentadas com o estabelecimento de Latossolo Amarelo pelos trabalhos de Day (1959) e Sombroek (1961) na Amazônia; de Latossolo Bruno identificado por Lemos *et al.* (1967) no Rio Grande do Sul; de

Latossolo Variação Una de constatação a partir de 1963 no sul da Bahia (Jacomine et al., 1977-1979); e de Latossolo Ferrífero como conceituado por Camargo (1982). A propósito da distinção de Latossolos, CAMARGO *et. al.* (1988b) prestam conta da classificação desses solos no País.

De acordo com a EMBRAPA, 2021, Latossolos são altamente intemperizados e sem incremento de argila em profundidade. As cores variam de brunadas, avermelhadas ou amareladas, sendo as últimas de maior expressão. A textura varia de média a muito argilosa e, nos mais oxídicos, pode ocorrer estrutura granular, de tamanho muito pequena a pequena e de grau de desenvolvimento que varia de forte a muito forte. Os minerais predominantes na fração argila são caulinita e óxidos de Fe e Al, que conferem valores de capacidade de troca catiônica menores ou iguais a 17 cmolc kg⁻¹. Conforme visto na figura 13, são típicos das regiões equatoriais e tropicais, em antigas superfícies de erosão, sedimentos e terraços fluviais antigos, normalmente em relevo suavemente ondulado e plano. São os solos mais representativos do Brasil, ocupando aproximadamente 39% da área total do país e distribuídos praticamente por todo o território nacional.

Figura 13 – Perfil de um talude em LATOSSOLO – Sedimentos argilosos de cobertura



Fonte: EMBRAPA (2021) - Foto de Maria de Lourdes Mendonça Santos – Grão-Mogol-MG.

Identificados pelo maior teor de argila nos horizontes subsuperficiais em relação aos superficiais, que caracteriza um gradiente textural ao longo do perfil, são os argilosolos. A cor pode variar de acinzentada a avermelhada, sendo os matizes amarelos e vermelhos os mais comuns. Os minerais predominantes são argilas de atividade baixa (caulinita) e/ou óxidos, que contribuem para o valor de capacidade de troca catiônica inferior a 27 cmolc kg^{-1} , sendo possível também apresentar o caráter alítico ou seja, refere-se também ao teor de alumínio extraível igual ou maior do que 4 cmolc/kg de solo, a saturação por alumínio ($100 \text{ Al}^{+3}/\text{S} + \text{Al}^{+3}$) igual ou maior do que 50% e/ou saturação por bases (V% menor do que 50% - solos Distróficos), sendo, neste caso, associada à atividade de argila igual ou maior do que 20 cmolc/kg de argila. Para a distinção de solos mediante este critério, é considerado o teor de alumínio extraível no horizonte B ou o horizonte C quando o solo não tem B, ou no horizonte A quando o solo apresenta sequência A, R. As implicações da presença destes teores de alumínio para o uso dos solos, estão relacionadas à toxidez de alumínio associada aos problemas expansão e contração nos solos com argila de atividade alta.

De acordo com a figura 14, esse tipo de solo pode ser encontrado em praticamente todas as regiões brasileiras em diversas condições de clima e relevo. Representam aproximadamente 24% da superfície do País. Em termos de extensão geográfica ocupam a segunda posição, depois dos Latossolos.

Figura 14 – Perfil de um talude em ARGISOLO – Sedimentos argilo-arenosos



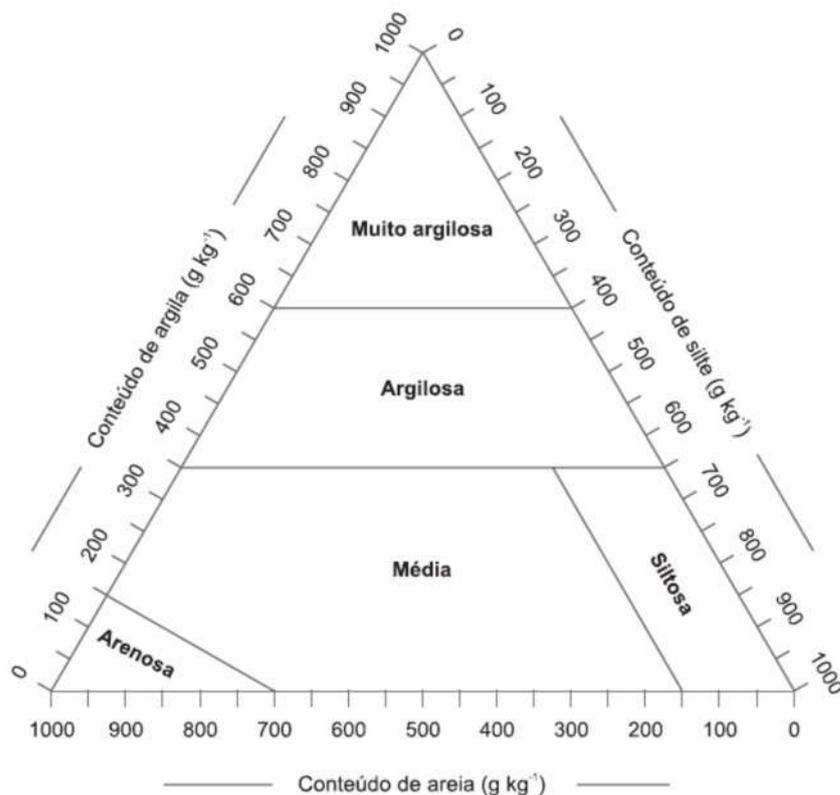
Fonte: EMBRAPA (2021) - Foto de Sebastião Barreiros Calderano – Cruzeiro do Sul-AC.

Grupamento textural:

O SiBCS, 2018, define que grupamento textural é a reunião de uma ou mais classes de textura. Registrados em notação simples, binária ou ternária, são utilizados os seguintes grupamentos texturais. Vê-se na figura 15 o guia para grupamento de classe e textura:

- Textura arenosa – material que compreende as classes texturais areia e areia franca, ou seja, teor de areia menos teor de argila > 700 g kg⁻¹;
- Textura média – material com menos de 350 g kg⁻¹ de argila e mais de 150 g kg⁻¹ de areia, excluídas as classes texturais areia e areia franca;
- Textura argilosa – material com conteúdo de argila entre 350 g kg⁻¹ e 600 g kg⁻¹;
- Textura muito argilosa – material com conteúdo de argila superior a 600 g kg⁻¹;
- Textura siltosa – material com menos de 350 g kg⁻¹ de argila e menos de 150 g kg⁻¹ de areia.

Figura 15 – Guia para grupamento de classe e textura



Fonte: SiBCS (2018)

Autogranulação é a propriedade inerente a alguns materiais argilosos de se manifestarem pela formação de camada superficial de agregados geralmente granulares e soltos, fortemente desenvolvidos, resultantes de umedecimento e secagem. Quando destruídos pelo uso de implementos agrícolas, os agregados se

recompõem normalmente pelo efeito de apenas um ciclo de umedecimento e secagem.

A relação silte-argila é calculada dividindo-se os teores de silte pelos de argila obtidos da análise granulométrica. Essa relação pode ser usada para avaliar o estágio de intemperismo em solos de regiões tropicais. É empregada em solos de textura franco arenosa ou mais fina. Indica alto grau de intemperismo quando apresenta, na maior parte do horizonte B, valor inferior a 0,7 nos solos de textura média ou valor inferior a 0,6 nos solos de textura argilosa ou muito argilosa. Essa relação pode ser usada como característica acessória para distinguir horizonte B latossólico de B incipiente, quando eles apresentam características morfológicas semelhantes, e, principalmente, para identificar solos cujo material de origem é derivado de rochas cristalinas, como as rochas graníticas e gnáissicas.

Minerais alteráveis são minerais instáveis principalmente em clima úmido em comparação com outros minerais mais resistentes, tais como quartzo e argilas do grupo das caulinitas, e que, quando se intemperizam, liberam nutrientes para as plantas e ferro ou alumínio. Os minerais que são incluídos entre os alteráveis são: a) Minerais encontrados na fração menor que 0,002 mm (fração argila): inclui todos os argilominerais do tipo 2:1, exceto a vermiculita com hidróxi-Al nas entrecamadas (VHE), comumente encontrada em Latossolos e alguns Argissolos e Nitossolos; b) Minerais encontrados na fração entre 0,002 mm e 2 mm (minerais das frações silte e areia): feldspatos, feldspatoides, minerais ferromagnesianos como piroxênios e anfibólios, vidros vulcânicos, zeolitas, apatita e micas, incluindo a muscovita (que resiste por algum tempo à intemperização, mas que termina também desaparecendo).

3.6 – Desenvolvimento do processo

De posse das informações referentes à topografia, hidrologia e geotecnia, foi possível montar uma planilha básica que fizesse todos os dados se combinarem com fins de estabelecer-se critérios de dimensionamentos em cada ponto necessário da trajetória, levantando, com certo grau de sensibilidade e otimização o volume de água a ser absorvido pela microbacia, no período chuvoso referente ao estudo. Na figura 16 podemos ver a barraginha existente no estudo, em funcionamento, demonstrando o alto grau de infiltração no solo.

Figura 16 – Foto da Barraginha em pleno funcionamento



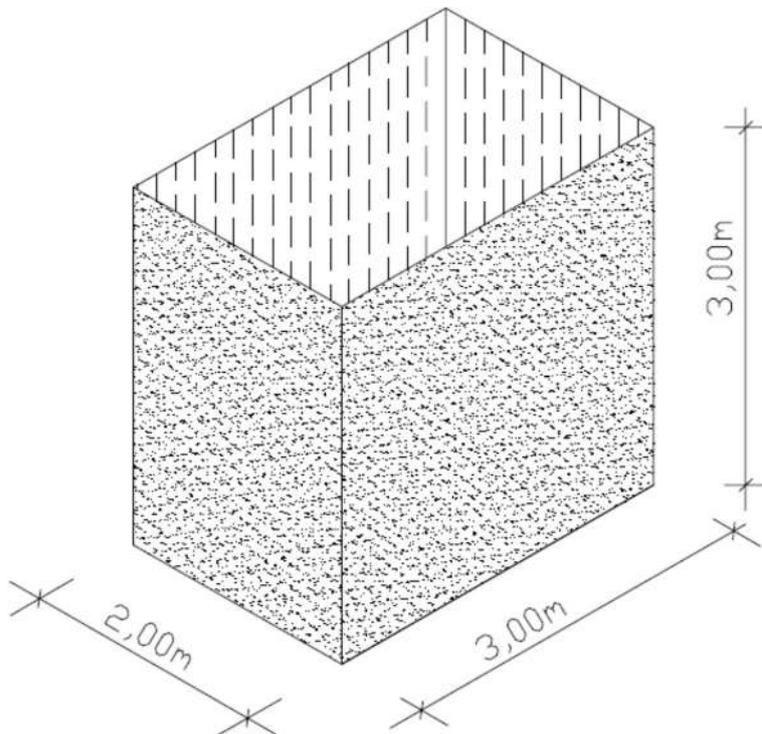
Fonte: Foto do Autor

Uma vez, distribuídos os dispositivos (caixas secas e barraginha), na área de estudo, pretendeu-se obter dados de comportamento de fluxo hídrico, abastecimento, comportamento da cava e condutividade hidráulica nos vários casos, considerando solos de diferentes comportamentos, dentro de mesmo agrupamento, o que podemos citar como “conectividade hidrológica”. A conectividade hidrológica é definida como a ligação entre as regiões da bacia hidrográfica por meio do fluxo de água (BLUME e VAN MEERVELD, 2015). Variável no tempo, o fluxo pode conectar partes da bacia durante eventos de chuva, marcando a ligação física entre o sistema terrestre e aquático (EDWARDS e WETZEL, 2005). Já Bjorkland e Pringle (2001) introduziram ao conceito a “transferência de água mediada de matéria, energia e/ou organismos dentro ou entre os elementos do ciclo hidrológico”. Essa abordagem associa elementos multidisciplinares, abrangendo disciplinas como ecologia, hidrologia e geomorfologia. O processo de maior importância dentro da conexão depende da escala adotada podendo a conexão ser descrita por aspectos estáticos da paisagem, como as características físicas da bacia (conectividade estrutural), ou pelas variações de curto prazo da frequência e intensidade dos eventos de precipitação (conectividade funcional) (TOLEDO, 2013).

Os dispositivos caixas secas foram padronizados com medidas arbitradas a fim de retornar o grau de saturação ou não, na experiência. De acordo a figura 17, como medida padrão arbitrou-se para comprimento 3,00m, para largura 2,00m e para

profundidade 3,00m, com volume total de enchimento igual a 18m^3 . As distâncias entre os dispositivos, ao longo da estrada vicinal, é função de melhores pontos para posicionamento, segundo o arranjo estudado, função das micro bacia drenantes.

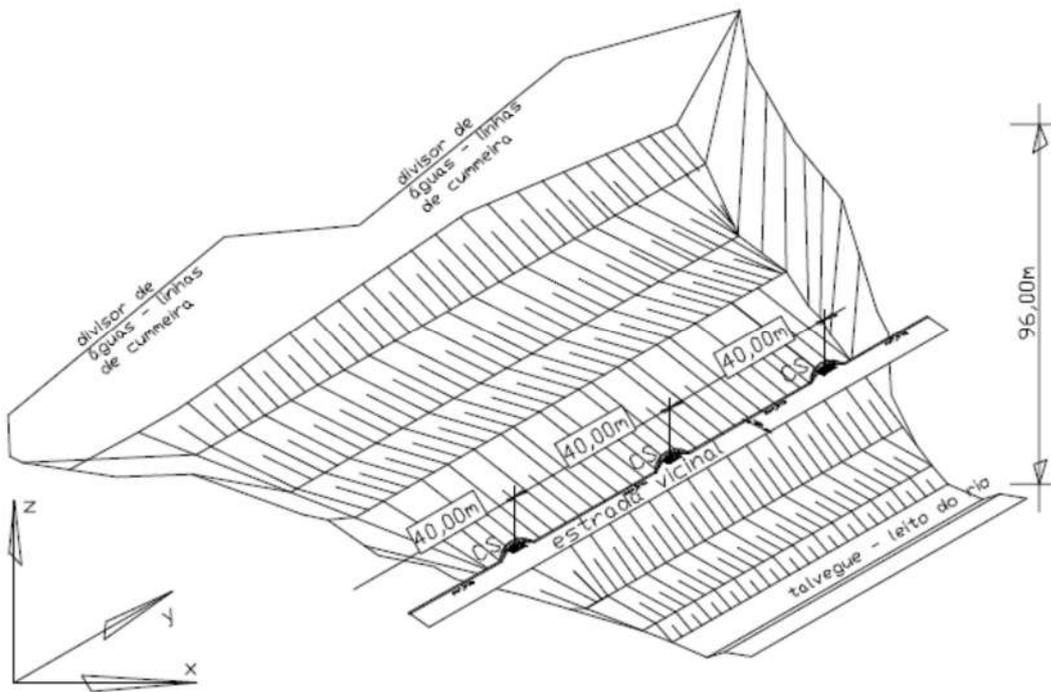
Figura 17 – Caixa Seca padrão utilizada no projeto piloto



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Para o estudo foi convencionado que a distância entre os dispositivos, seria de aproximadamente 40m. Quando citamos “dispositivos”, estes podem ser caixas secas ou barraginhas, dependendo da disposição do arranjo e volume de despejo, da bacia drenante. Entretanto, essa disposição não se mostrou adequada, para o caso em pauta, em função da altimetria no greide (traçado das cotas verticais da estrada ou vale) ou da contribuição da bacia drenante. No modelo de estudo, por se tratar de região de alta concentração de acidentes topográfico, com cotas variando de 30 a 200m, o volume de água é mais concentrado na calha que se encontra em cada dobra de montanha, constituindo a microbacia drenante. Assim, o posicionamento ficou intercalado com distâncias médias variando em 47m, com limites entre 35 e 59m. A figura 18 demonstra o modelo hipotético para o traçado do greide, inserido na micro bacia drenante, com caixas secas instaladas.

Figura 18 – Modelo hipotético do trecho de micro bacia drenante com caixas secas instaladas



Fonte: Desenho desenvolvido pelo autor

A área estudada foi dividida em duas partes:

Trecho 1 – à montante – Palmares ---- Alto da Cruz = 2718,40m ---- 57 dispositivos

Trecho 2 – à jusante – Palmares ---- Paty do Alferes = 5290,00m ---- 115 dispositivos.

As figuras 19 e 20 demonstram os trabalhos de abertura da barraginha e caixas secas ao longo da estrada.

Figura 19 – Início da construção da Barraginha



Fonte: Foto pelo autor

Figura 20 – Construção da Caixa Seca 18, de coordenadas S 22°27'14,31" e W 43°23'13,86"



Fonte: Foto pelo autor

Para a distribuição dos dispositivos, foi feito um levantamento das micro bacias drenantes com auxílio de equipe topográfica, utilizando equipamento topográfico à laser tipo estação total com precisão de 5" na alidade vertical e 5" na horizontal, alcance de visada com prisma a aproximadamente 3200m, em temperatura média de 27°, variando de 21° a 32°, faixa média registrada no local, durante as primaveras de 2017 e 2018 e, equipamento de marcação por satélite tipo RTK-GNSS, com precisão de 5mm/10m.

A distribuição do levantamento para o estudo no primeiro trecho, seguiu o planilhamento apresentados no apêndice A. Foram escavadas 57 caixas secas no total ao longo da Estrada Paty x Petrópolis – trecho 1, num total de 2718,40m, com formato paralelepipedal conforme descrito anteriormente, com dimensões para captar uma precipitação pluviométrica de 100 mm, a cada 24 horas. As distâncias entre caixas secas variam de 30 a 50 m, com declividades oscilando de 8 a 29%.

A área onde foram implantadas as caixas secas é destinada a uma reserva ambiental, sendo que possui remanescentes de agriculturas subsistentes, baseada em hortaliças, e se apresenta em solo do tipo latossolo vermelho amarelo distrófico (silte-argiloso), amplamente esplanado anteriormente. Possui a característica de ter o corpo hídrico (rio Tinguá) responsável pelo abastecimento da cidade de Paty do

Alferes de acordo com Silva *et al.* (2011). Apresenta precipitação e temperatura média anual de 950 mm e 23,1°C, respectivamente.

A planilha, descrita como tabela 5, foi construída para ser lançada como modelo padrão a fim de nortear a construção dos dispositivos ao longo da estrada, considerando as “caixas secas ou bacias de contenção” como sequência na descida da água das chuvas, levando-se em conta a topografia e, teve como critério básico a dimensão do dispositivo a ser implantado. Assim, os dados obtidos no campo e lançadas na planilha (tabela 5) foram:

- . Distâncias e cotas entre pontos (m) – apêndice A;
 - . Área considerada na precipitação (m²) – levantamento topográfico do local;
 - . Coeficiente de escoamento – inicialmente padronizado por tabela;
 - . Maior precipitação obtida nos levantamentos hidrológicos da região (mm) – anexos
- A planilha eletrônica estimou as seguintes informações:
- Volume estimado total na enxurrada (m³); - Declividade (%); - Quantidades de dispositivos, considerando o padrão básico, ver figura 17; - Volume estimado para cada caixa seca (m³); - Dimensão = Largura (m); - Dimensão = comprimento (m) – FIXO; - Dimensão = profundidade (m) – FIXO.

Tabela 6 – Planilha de cálculo utilizada para a distribuição e dimensionamento prévio dos dispositivos

PLANILHA DE CÁLCULO PARA IMPLANTAÇÃO DE						LOCAL: Palmares - Via Principal - trecho descendo Água fria x Lago				DATA: 25.09.2017						
PONTO A	PONTO B	COTA INICIAL (m)	COTA FINAL (m)	DISTÂNCIA A (m)	REFER	Largura média do trecho(m)	Área S (m ²)	Coef escoam superficial C	Maior precipitação (mm)	Volume V (m ³)	Declividade e (%)	Quantid de caixas (tab 3)	Volume de cada caixa (m ³)	Dimensãol argura (m)	Dimensão Comprim (m)	Dim Profund(m)
A	B	1026	1010	112		7	784	1	75	58,8	14,28571	4	14,7	1,633333	3	3
C	D	1010	1006	145	bifurcaç	7	1015	1	75	76,125	2,758621	5	15,225	1,691667	3	3
D	E	1006	970	307	curva long	8	2456	1	75	184,2	11,72638	7	26,31429	2,92381	3	3
E	F	970	970	29	curva long	6	174	1	75	13,05	0	0	#DIV/0!	#DIV/0!	3	3
F	G	970	969	107		7	749	1	75	56,175	0,934579	2	28,0875	3,120833	3	3
G	H	969	975	190	curva bifurc	6	1140	1	75	85,5	-3,15789	2	42,75	4,75	3	3
H	I	975	970	57,6	curva bifurc	6	345,6	1	75	25,92	8,680556	1	25,92	2,88	3	3
I	J	970	972	72,4		7	506,8	1	75	38,01	-2,76243	1	38,01	4,223333	3	3
J	K	972	969	51,8		8	414,4	1	75	31,08	5,791506	1	31,08	3,453333	3	3
K	L	969	962	128		8	1024	1	75	76,8	5,46875	3	25,6	2,844444	3	3
L	M	962	934	215	curva long	8	1720	1	75	129	13,02326	7	18,42857	2,047619	3	3
M	N	934	927	132		7	924	1	75	69,3	5,30303	3	23,1	2,566667	3	3
N	O	927	927	51,9		7	363,3	1	75	27,2475	0	1	27,2475	3,0275	3	3
O	P	927	922	178		7	1246	1	75	93,45	2,808989	3	31,15	3,461111	3	3
P	Q	922	911	138		7	966	1	75	72,45	7,971014	3	24,15	2,683333	3	3
Q	R	911	941	245	curv acentu	6	1470	1	75	110,25	-12,2449	7	15,75	1,75	3	3
R	S	941	927	47,4		7	331,8	1	75	24,885	29,53586	1	24,885	2,765	3	3
S	T	927	916	73,9		8	591,2	1	75	44,34	14,88498	2	22,17	2,463333	3	3
T	U	916	914	48,4		8	387,2	1	75	29,04	4,132231	1	29,04	3,226667	3	3
U	V	914	891	215		7	1505	1	75	112,875	10,69767	7	16,125	1,791667	3	3
V	X	891	881	174	Bifurc lago	7	1218	1	75	91,35	5,747126	3	30,45	3,383333	3	3

2718,4

Fonte: Desenvolvido pelo Autor

Com esses dados do modelo foi possível montar uma perspectiva para os dispositivos e verificar os seus comportamentos conforme visto na figura 21.

Figura 21 – Foto de Caixa Seca em pleno funcionamento



Fonte: Foto do Autor

Analisando-se os estudos experimentais realizados no período de chuvas que se apresentam nos meses chuvosos na região Sudeste de novembro, dezembro, janeiro, fevereiro e março, conforme cronograma de “serviço” e, comparando com modelos hidrológicos locais dentro da microbacia drenante correspondente, para cada cava, verificou-se o comportamento do solo e a sua capacidade de absorção frente aos volumes de precipitações e foi possível determinar os possíveis volumes de escoamentos direcionados para os lençóis freáticos, baseado nos estudos e observações do comportamento do solo, considerando a condutividade hidráulica de cada ponto. Na sequência das construções, foram obtidos por auxílio de topografia, a posição de cada dispositivo a fim da determinação do volume inicial de ponto de absorção que, por questões altimétricas, apresentam diferenças nos volumes calculados.

A Prefeitura do município de Paty do Alferes, esboçou a vontade de desenvolver o estudo baseado nas notícias de outros municípios da região, preocupado com a possibilidade de ressecamento do solo municipal, já que trata-se de uma região agrícola. Dessa forma, esses estudos passaram a integrar a sequência de outros trabalhos desenvolvidos pela Secretaria Municipal de Meio Ambiente. A pesquisa teve início no mês de novembro de 2017 e terminou em março de 2018,

tempo suficiente para que fosse abordado um período chuvoso. Dessa forma, os mesmos parâmetros determinados, imediatamente à construção das caixas secas, foram utilizados, uma vez por mês, durante um período de 5 meses. Para melhor instruir o trabalho de análise, instalou-se um pluviômetro na mini bacia hidrográfica onde os dispositivos foram inseridos, com o intuito de comparar a quantificação da precipitação pluviométrica local mensal, obtida nas estações pluviométricas oficiais existentes (Avelar e Pico do Couto).

O volume assoreado foi quantificado determinando-se a diferença entre o volume inicial e o volume final das caixas secas, a cada mês. A eficiência das caixas secas e barraginha na retenção de sedimentos foi calculada a partir do volume inicial e aquele determinado mês a mês, de acordo com a equação 1:

Equação 1 – Eficiência dos dispositivo “caixa seca e barraginha”

$$E = \left(\frac{V_0 - V_i}{V_0} \right) \times 100$$

Onde:

V_0 : Volume quantificado imediatamente após a construção da caixas seca;

V_i : volume da caixa seca quantificado mês a mês.

Evidenciou-se, pelo planilhamento construído, que o ganho hidráulico para o primeiro trecho foi estimado em 1268,60 m³ a cada precipitação mínima de 5mm/h. No entanto ficou claro que para chuvas mais volumosas o sistema entrará em colapso, em alguns deságues, o que deverá ser reestimado com soluções que atinjam maior armazenamento de água no solo. Barraginhas, por conterem maior volume e possuírem maior área drenante seria a solução, entretanto como tratamos de estradas vicinais, nem sempre se tem acostamento ou lateralidade suficiente para instalação de dispositivos com grandes áreas receptoras. Dessa forma, uma das soluções está em maior quantidade de caixas secas, aumentando a coleta com a redução do espaçamento para 20 metros em média, no terreno silto-argiloso, como o da região estudada.

Sobre o solo, pode-se dizer que, inicialmente, a relação entre a taxa de infiltração, permeabilidade e intensidade da precipitação determina a quantidade de água percolada. A água que não consegue infiltrar move-se pela superfície como escoamento hortoniano. Se a água percolada não for capaz de manter a saturação do solo ou suprir o déficit de umidade, não haverá preenchimento das depressões da

rocha de base e a conexão com as águas subterrâneas não será estabelecida. Se o fluxo superar a capacidade de armazenamento do solo haverá escoamento lateral subsuperficial, podendo ocorrer áreas de saturação caso o tempo do evento não seja suficiente para a drenagem do solo. Note-se que a escala de tempo é importante: há uma capacidade finita de fluxo em várias partes da bacia e o limiar de umidade deve ser excedido por um tempo suficiente para que a ação do processo gere um impacto significativo, conectando a encosta à vertente (SAFFARPOUR *et al.*, 2016). É possível que pouca chuva gere escoamento e se acumule ou percole sem alcançar as linhas de fluxo, mas se uma chuva ocorrer por tempo suficiente, a água acumulada fluirá para os canais, e a encosta ficará conectada à vertente por caminhos preferenciais. Esse é o caso aderente ao estudo em pauta, pois os dispositivos de coleta como as caixas secas e/ou as barraginhas se alimentam deste escoamento no tempo correto, conforme a equação de estimativa de tempo desenvolvida.

Na figura 22 representa-se a Planilha Eletrônica elaborada para dimensionamento de Caixas Secas e Barraginhas considerando as principais variáveis tais como pluviosidade, run-off, infiltrações, área e tipo de solo.

Figura 22 – Imagem da planilha eletrônica de dimensionamento dos dispositivos, desenvolvida para o site.

CALCULADORA DE OBTENÇÃO DA ÁREA NECESSÁRIA P/ ABERTURA DE CAIXAS SECAS E/OU BARRAGINHAS						
ENTRAR C/ DADOS	CÉLULAS VERDES	UNID	QUANT	CÁLCULOS AUTOMÁTICOS	UNID	QUANT
A	Pluviosidade máx anual (por dia)	mm	50	1 Pluviosidade máx anual (por hora)	mm/h	8,3333
B	Área da microbacia de contribuição	m ²	2000	2 Pluviosidade máx anual (por seg)	mm/s	0,00231
C	Maior cota da microbacia	m	553,2	3 Área da microbacia de contribuição	ha	0,2
D	Menor cota da microbacia	m	551,25	4 Declividade no trecho	m	1,95
E	Comprimento do talvegue principl	km	1,2	5 Volume concentrado no trecho / t=1h	m ³	16666,6667
				6 Vazão de escoamento bruto	m ³ /s	4,82963
				7 Vazão de escoam (Método Racional)	m ³ /s	0,000556
	Nota:			8 Tempo de concentração - termo 1		0,7710
	Esta planilha foi elaborada objetivando-se o levantamento das superfícies ideais para as construções dos dispositivos de absorção de água destinada ao sub-solo. Usou-se na composição, variáveis de hidrologia tal como o estudo da pluviosidade, do relevo estudado na topografia local e da mecânica dos solos como o estudo da infiltração.			9 Tempo de concentração final - Tc	h	0,9047
				10 Capacidade de infiltração - A		1,00000
				11 Capacidade de infiltração - B		0,96448
				12 Velocidade de Infiltração = Vt	mm/h	0,96448
				13 Quantidade a infiltrar no t final - A	m ³ /h	16664,6667
				14 Área total necessária p infiltração	m ²	17278,78
				15 Área de fundo consider. prof 3m	m ²	5759,59

Fonte: Desenvolvido pelo autor

A planilha demonstra a área de solo necessária para receber a água referente à “enxurrada” no trecho considerado e, fazê-la escoar para o sub solo, transportando a umidade às camadas de formação dos lençóis freáticos que dão

condições aos poços e as nascentes, sem que essa águas se percam nos córregos e rios. Essa chuva absorvida recupera o entorno dos corredores de matas e promovem a autossustentabilidade através da evapotranspiração.

A proposta trata então, de construções de barraginhas e caixas secas utilizando a porção ótima do solo escavado dedicado a receber as águas das chuvas nos pontos previamente estudados e dimensionados, conforme o projeto. Utilizou-se dos dados e da experiência obtida no estudo desenvolvido na região de Palmares, município de Paty do Alferes – Estado do Rio de Janeiro, com procedimento demonstrado, onde os trechos de interceptação das águas das chuvas estarão sempre dispostos em pontos variáveis e não numa relação equidistante, como pregam os artigos e cartilhas. De fato, foi pensando nessa premissa que chegou-se ao raciocínio de que o trecho de acumulação será sempre função da topografia, a qual pode ser muito ou pouco acidentada. Dessa forma, o produto do estudo é exatamente o quanto de área é necessário para abertura do solo, a fim de que capte toda ou parte daquela umidade oferecida pela chuva, sem que haja depredação excessiva ou recipientes fora do dimensionamento básico, ou seja, dimensiona a superfície ideal a ser distribuída em dispositivos, na microbacia drenante, ao longo da estrada vicinal ou caminhos no interior de propriedades rurais. A tabela 6 demonstra os parâmetros de cálculos. Para entender-se a planilha registra-se à seguir suas características:

- A chave 1 da planilha trata da hidrologia, calculando o volume pluvial obtido, baseado em dados locais.
- A chave de entrada A – coluna verde, solicita a pluviosidade anual por dia em mm. Esses dados podem ser obtidos no anuário do Instituto Nacional de Meteorologia (INMET).
- As chaves de entrada B,C,D e E – coluna verde, solicitam dados de morfologia, obtidos em estudos topográficos ou em levantamento aerofotogramétricos.
- As chaves de saída 1 a 9 – colunas avermelhadas, retornam os dados calculados nas áreas de hidrologia e topografia, utilizando o Método Racional e baseado na equação de Kirpich;
- As chaves de 10 a 13 – colunas avermelhadas, retornam as saídas de geotecnia, resultantes do terreno existente (considerando parâmetros da Região Sudeste), utilizando o modelo de Horton com solos de constante k iguais, como os latossolos e argilosolos descritos no item 4.4 – Característica do Solo brasileiro.

- As chaves 14 e 15 – colunas avermelhadas, retornam as saídas finais com as superfícies ótimas a serem utilizadas na distribuição dos dispositivos.

Tabela 7 – Parâmetros utilizados para os cálculos da planilha dinâmica

BIBLIOTECA					
Variável 1 = Hidrologia - dados pluviométricos www.inmet.gov.br					
Variável 2 = Vol coletado pela bacia - consid o fluxo e perda -vazão					
Variável 3 = taxa de escoamento do solo					
Pluviosid máx aprox (p hora) - consid períod de chuva máx = 6h/dia					
Utilização do método Racional $Q = CIA/360$, onde:					
Q = vazão máxima de escoamento em m^3/s					
C = coeficiente de runoff (ver tabela)					
I = intensidade média máx de precipitação em mm/h					
A = área de contribuição da bacia em ha					
TABELA - Tabela de Coeficientes de Runoff					C
Edificação muito densa - c/pavimentação					0,70 a 0,95
Edificação não muito densa - c/pavimentaç					0,60 a 0,70
Edific com poucas superfícies livres - c/ pavim					0,50 a 0,60
Edific com muitas superfícies livres - c/pavim drent					0,25 a 0,50
Subúrbios com alguma edificação - sem pavim					0,10 a 0,20
Matas, parques e campos de esportes - sem pavim					0,05 a 0,20

$$\text{Equação de Kirpich: } tc = \left(0,87 \left(\frac{L^3}{H} \right) \right)^{0,385}$$

tc = tempo de concentração, em h;

L = comprimento do talvegue principal, em km;

H = desnível entre a parte mais elevada e a seção de controle, em m;

$$\text{Modelo de Horton: } Vt = Vf + (Vi - Vf) e^{-kt}$$

Vt = velocidade de infiltração em t (mm/h)

Vf = velocidade de infiltração final (t=∞)

Vi = velocidade de infiltração inicial (t=0)

k = constante considerada para o solo da região = -0,04

t = tempo

Fonte: O autor

O produto gerado por esse estudo objetiva-se a apresentar aplicação da correlação entre disciplinas de engenharia à prática do sistema de reposição hídrica no solo através de caixas secas e barraginhas, em qualquer região e, para isso,

destaca-se a possibilidade da utilização do sistema com utilização de planilha eletrônica a fim de obter-se o rendimento do sistema nos pontos em que se quer implantar, bastando que se tenha um levantamento topográfico como ponto de partida e os dados visuais de cada ponto destinado ao dispositivo.

Para utilização dessa planilha de forma dinâmica, foi organizado um “site” pela internet, disponível em:

<https://sites.google.com/view/caixassecasebarraginhas/home>

O site tem como meta principal o oferecimento da planilha de cálculo para o dimensionamento dos dispositivos, mas inclui uma série de discussões e informações sobre o tema. Na figura 23 temos a página inicial que trata do objetivo do projeto.

Figura 23 – Página inicial do site.



Fonte: Desenvolvido pelo autor

A planilha de cálculo, figura 24, produto principal do projeto, apresenta e disponibiliza para o público tabela eletrônica, com link imediato para o software disponível no computador do usuário, objetivando cálculo integrado entre parâmetros hidrológicos, topográficos e geofísicos com o foco no dimensionamento do dispositivo tipo caixa seca ou barraginha, no melhor posicionamento e com melhores condições técnicas de absorção das águas das chuvas para o solo.

Figura 24 – Planilha eletrônica para cálculo da dimensão dos dispositivos.

CALCULADORA DE OBTENÇÃO DA ÁREA NECESSÁRIA P/ ABERTURA DE CAIXAS SECAS E/OU BARRAGINHAS							
ENTRADA DE DADOS DE ILHAS VERDES		CÁLCULOS AUTOMÁTICOS					
LET	UNID	QUANT	UNID				
A	Pluviosidade máx anual (por dia)	mm	50	1	Pluviosidade máx anual (por hora)	mm/h	8,3333
B	Área da microbacia de contribuição	m²	2000	2	Pluviosidade máx anual (por seg)	mm/s	0,00231
C	Maior cota da microbacia	m	553,2	3	Área da microbacia de contribuição	ha	0,2
D	Menor cota da microbacia	m	551,25	4	Declividade no trecho	m	1,95
E	Comprimento do talvegão principal	km	1,2	5	Volumo concentrado no trecho / (t=1h)	m³	16666,666
				6	Vazão de escoamento bruto	m³/s	4,62963
				7	Vazão de escoam (Método Racional)	m³/s	0,006556
				8	Tempo de concentração - termo 1	h	0,7710
				9	Tempo de concentração final - Tc	h	0,9047
				10	Capacidade de infiltração - A		1,0000
				11	Capacidade de infiltração - B		0,96446
				12	Velocidade Infiltração = Vt	mm/h	0,96446
				13	Quantidade a infiltrar no t final - A	m³/h	16664,666
				14	Área total necessária p infiltração	m²	17278,78
				15	Área do fundo consider: prof 3m	m²	5759,58

Nota: Esta planilha foi elaborada objetivando-se o levantamento das superfícies ideais para as construções dos dispositivos de absorção de água destinada ao subsolo. Usou-se na composição, variáveis de hidrologia tal como o estudo da pluviosidade, do relevo estudado na topografia local e da mecânica dos solos como o estudo da infiltração.

OBS: PARA PROCEDER A UTILIZAÇÃO DA PLANILHA CLICAR NO ÍCONE DE REDIRECIONAMENTO NO CANTO DIREITO DA TELA.

Fonte: Desenvolvido pelo autor

Na figura 25, comentários acerca da situação do meio ambiente com relação à desertificação e a posição do poder público frente ao fato.

Figura 25 – Histórico sobre a seca

O pensamento básico desse projeto é de uma crescente preocupação quanto as reservas regionais de água potável e seu fornecimento à população. A problemática da disponibilidade de água potável é inegavelmente a maior preocupação do poder público, iniciativa privada e organizações ambientalistas (Camdessus *et al.*, 2005).

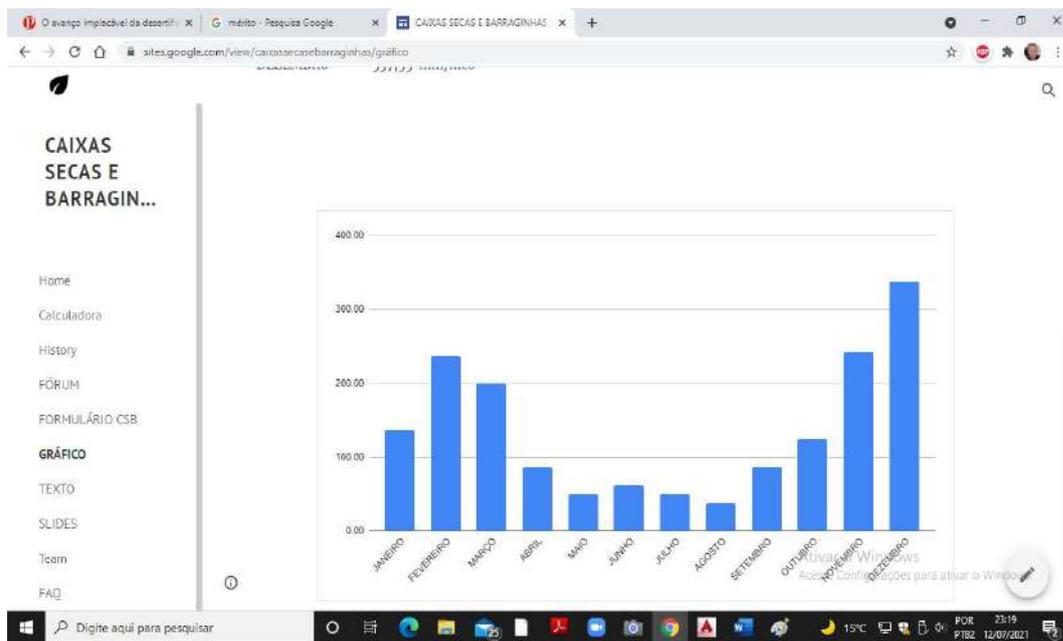
O primeiro passo nesse sentido foi a procura de meios de captação e conservação dos recursos hídricos oferecidos pelas chuvas regionais, utilizando informações técnicas disponíveis nas diversas disciplinas da ciência. A procura de novas técnicas deve ter com premissa a proteção do ecossistema regional existente e fim de não trazer desequilíbrio ambiental e, portanto, até resultados, a respeito ambiental maléfico.

Ativar o Windows
Assaie Configurações para ativar o Windows

Fonte: Desenvolvido pelo autor

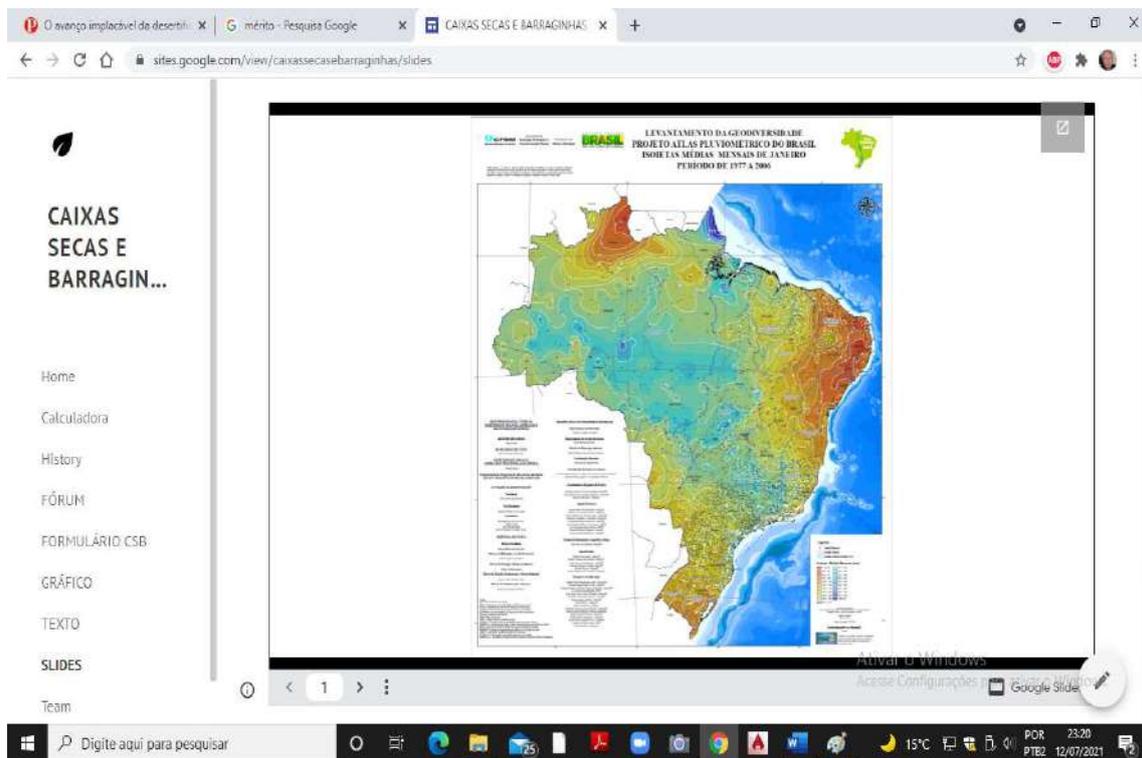
Dados sistematizados sobre a pluviometria local e nacional, considerando períodos mensais e anuais, contribuem para o entendimento dos regimes de chuvas e foram disponibilizados para observação nas figuras 26 e 27. Esses dados foram obtidos do Instituto Nacional de Meteorologia e correspondem às séries históricas disponíveis nos bancos de dados.

Figura 26 – Gráficos de pluviosidade local – Centro sul fluminense - SE



Fonte: Desenvolvido pelo autor

Figura 27 – Gráficos de pluviosidade Nacional



Fonte: Desenvolvido pelo autor

4 - Resultados e Discussões

Esse trabalho visa contribuir com apresentação de uma possibilidade simples e barata para aumentar a umidade no solo com foco no abastecimento dos mananciais hídricos. Várias tecnologias estão sendo empregadas para reduzir os efeitos da seca sobre a Terra. No Brasil, existem vários trabalhos que descrevem as soluções usadas para aumentar a umidade no solo utilizando a precipitação, o acúmulo, a absorção e o fluxo de águas das chuvas e com isso reduzir a probabilidade de desertificação, entretanto, as soluções são de cunho artesanal e que levam a aplicações sem procedimentos adequados.

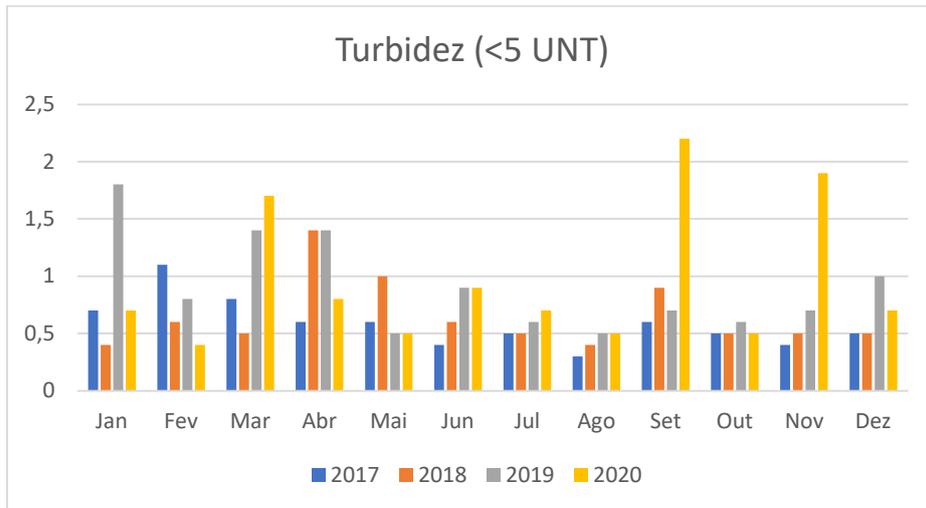
Analisaram-se os dois dispositivos que já são utilizados na tecnologia de absorção: o sistema de caixas secas ou bacias de contenção e barraginhas, fazendo os ajustes baseados nas informações disponíveis e, em premissas existentes, otimizando a tecnologia e disponibilizando ao público um procedimento de aplicação. Observou-se que as 03 (três) variáveis mais importantes se baseiam na topografia, pluviosidade e nas constantes de infiltração do solo. Para isso, a fim de resolver a questão dos parâmetros de utilização dos dispositivos de receptação e injeção no solo de águas de chuvas, cuidou-se para que os pontos fossem adequadamente dimensionados e locados, otimizando e ajustando para pequenas e médias enxurradas. Constatou-se que a planilha desenvolvida se apresentou como um método de dimensionamento adequado a cada local de implantação do dispositivo levando em conta as premissas existentes em cada ponto, como variáveis, calculando basicamente o tempo de deflúvio e infiltração e apresentou a saída em área de contato de solo (em m²) para dimensionamento da cava, visando o rendimento do sistema frente às chuvas que se verificaram a cada tempo com mais ou menos intensidade.

Registra-se que o sistema trouxe contribuição para a região adotada, aumentando a umidade com reaparecimento de olhos d'água, evitando-se erosões e, contribuindo para o aumento do volume de água do solo, em face do "medo" da desertificação, aumentando e, em certos casos, recuperando nascentes ora perdidas e mantendo a floresta e matas viçosas. Não há o que discutir quanto a necessidade de aumentar a umidade do solo, considerando as novas fases de fenômenos de aquecimentos no globo terrestre, por causas já conhecidas e àquelas que ainda estão a ser descobertas e estudadas. Promover o aproveitamento das águas das chuvas é garantir que o regime permaneça e combata as possibilidades de desertificação ou qualquer possibilidade de redução da fertilidade do solo.

Como indicador de resultado evidenciou-se que, no percurso das águas resultante dos mananciais, o fluxo poderia ter duas fontes. A primeira fonte, o fluxo oriundo diretamente das precipitações, aumentando a oferta no ponto da coleta nos períodos de chuvas e a segunda, com o fluxo resultante de acúmulo de lençol freático subterrâneo, adquirido nas ravinas, absorções de solos e os dispositivos para captura de água denominados caixas secas e barraginhas, implantados na área. A coleta de água para uso da população, resultante do manancial, demonstra a qualidade do material em relação às partículas dissolvidas, pois numa situação de arraste, caso das enxurradas e corredeiras partículas coloidais resultantes de solo principalmente se apresentam com mais amplitude. Dessa forma, a fim de obter-se uma amostragem efetiva da água de utilização pública, obtida no sistema de coleta de água para adução na mesma região do estudo, analisou-se a evolução da coleta de água através dos dados disponibilizados pela CEDAE (Companhia Estadual de águas e Esgotos – RJ), referentes ao período de 2017 a 2020 apresentados nas tabelas disponíveis como anexo. Conforme o site da CEDAE, a Estação de Tratamento de Água (ETA) de Paty do Alferes trata, em média, 62 litros de água por segundo e abastece em torno de 14.440 habitantes. Para garantir o tratamento e a qualidade da água tratada, são realizadas análises, com periodicidade diária, trimestral e semestral, contemplando parâmetros e quantidades de análises, conforme exigido pela legislação. O controle de qualidade não se resume às análises em mananciais e na saída de tratamento das Unidades de Produção, abrange também a avaliação das etapas de produção, da qualidade dos produtos químicos utilizados no tratamento e o monitoramento da qualidade da água da rede de distribuição de forma rotineira.

Os parâmetros básicos apresentados nos indicadores são a turbidez – característica decorrente da existência de partículas sólidas dispersas (em suspensão) e, a cor aparente - característica decorrente da existência de substâncias orgânicas e inorgânicas dissolvidas na água que alteram sua coloração coletada para ser tratada e distribuída. Com os dados mensais de 2017, 2018, 2019 e 2020, disponibilizados pela Cedae, foi possível apresentar abaixo dois gráficos, os quais demonstram os comportamentos dessas variáveis. Na figura 29 nota-se a variação da turbidez na água coletada e na figura 30 a coloração

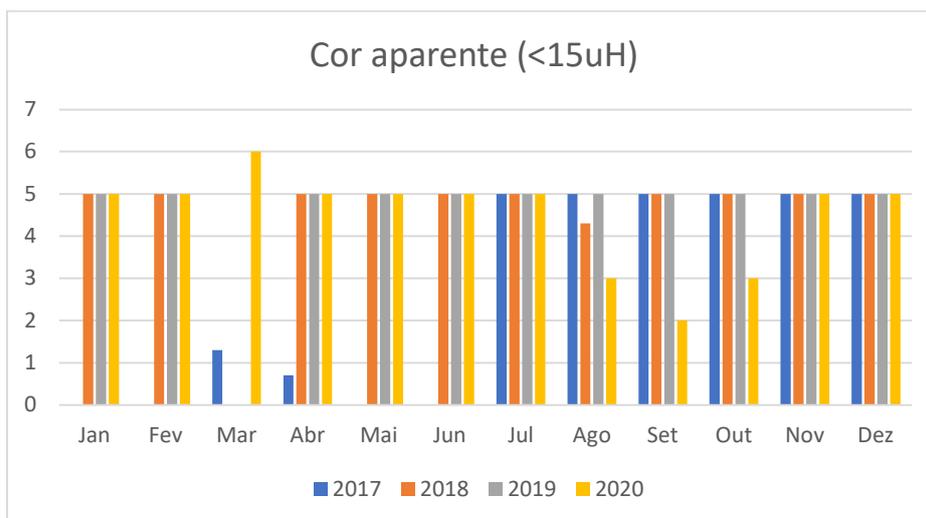
Figura 28 – Turbidez na água coletada no manancial



Fonte: O Autor

Observa-se no gráfico acima que a turbidez da água coletada no manancial está mais alta nos períodos de 2019 e 2020 entre os meses de chuvas (outubro a março). Em contrapartida nos meses dos anos de estudo 2017 e 2018, os picos de turbidez nos meses de chuva permanecem baixos, demonstrando que as águas subterrâneas estão com bom escoamento.

Figura 29 – Coloração na água coletada no manancial



Fonte: O Autor

Sobre a cor aparente, verificou-se que, em todos os anos do período, a coloração permanece estável em função do material coloidal estar distribuído tanto na superfície

do solo quanto no subsolo. De outro lado, percebe-se que, pelos dados hidrológicos disponíveis para a região, o sistema proposto funcionará com rendimento bastante razoável, se construído conforme a prescrição, tomando as precauções de implantações dentro dos parâmetros apresentados quando o regime de chuvas, no período, não exceder a base de cálculo pluviométrica, pois nesse caso haverá perda de fluxo hidráulico e o volume excedente será desviado à calha natural mais próxima, quer seja um córrego, rio ou depressão na superfície da bacia, fazendo o fluxo aumentar, como seria o normal, sem o sistema de infiltração no solo proposto.

Defende-se que a tecnologia de caixas secas ou bacias de contenção e/ou barraginhas por já terem históricos de utilização em todo o território Nacional e principalmente nas regiões Sudeste e Nordeste, são recursos aceitos e difundidos no meio rural. Entendemos que, ao incrementarmos a aplicação dos sistemas com revestimentos de maiores informações técnicas, tornamos o produto no mínimo mais viável no âmbito da qualidade e do rendimento, com relação ao retorno prático mais rápido, no sentido da meta a ser alcançada que é tornar o solo mais umedecido, aproveitando as águas das chuvas. Acredita-se que os recursos que tratam de dispositivos e novas tecnologias ligadas a autossustentabilidade serão primordiais para o futuro do Planeta e, pequenos ganhos, como é caso de aumentar o uso da água de chuvas, serão muito necessários.

O Brasil é um dos países que sofrem constantemente com extremos climáticos, com destaque para a ocorrência de enchentes e deslizamentos de terra em centros urbanos, seguido da seca em diversas regiões do país. Desta forma, cabe ressaltar a relevância de estudos observacionais que visem à caracterização do regime de chuvas como forma de aperfeiçoar o entendimento a respeito da variabilidade pluviométrica nas diversas regiões do país.

O Estado do Rio de Janeiro está inserido na região Sudeste do Brasil, que segundo Sant'Anna Neto (2005), configura-se como uma das mais diversificadas regiões brasileiras, em termos climáticos. A ocorrência de fortes chuvas, principalmente durante o verão austral, causa grande impacto nas atividades socioeconômicas dos estados inseridos nesta região (LIMA et al., 2010b). De acordo com Altamirano (2010), por situar-se nos subtropicais, a região Sudeste apresenta uma faixa de transição entre duas regiões de diferentes comportamentos climáticos: clima tropical quente de uma região semi-árida ao norte (Nordeste do Brasil), clima tropical úmido/semiúido com concentração de chuvas no verão no setor central (Brasil

Central), e ao sul um clima mesotérmico do tipo temperado (Sul do Brasil).

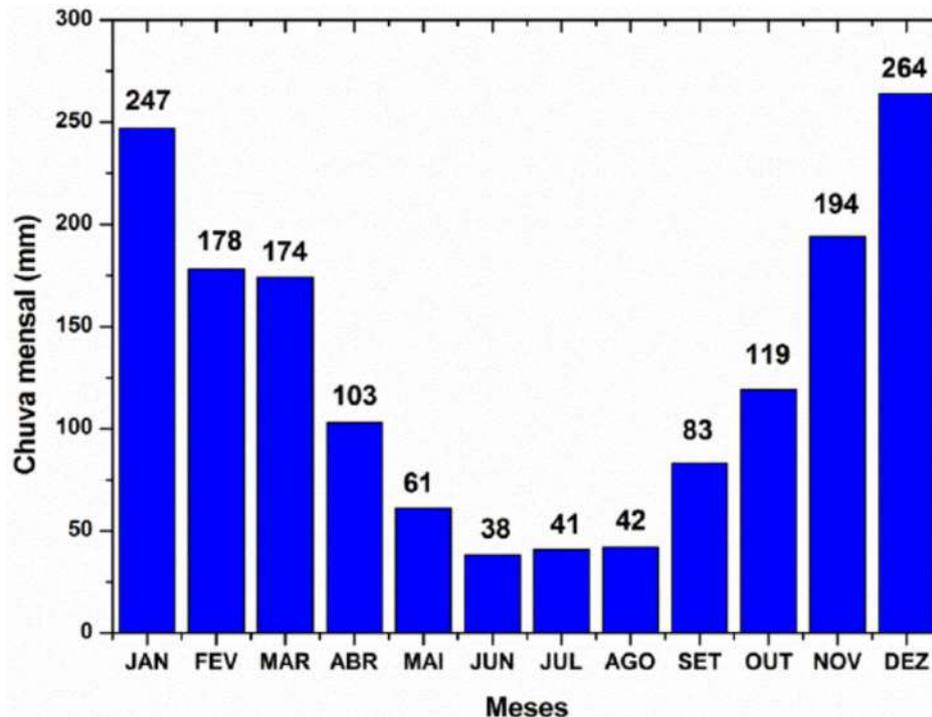
A região Sudeste do Brasil possui uma característica climática diversificada, devido a sua topografia, sua posição geográfica e, principalmente, os aspectos dinâmicos da atmosfera, que incluem os sistemas meteorológicos de local, mesoescala e sinótico (REBOITA *et al.*, 2010), que atuam direta ou indiretamente no regime de chuva, como a Zona de Convergência do Atlântico Sul (ZCAS) e as Frentes Frias (FF), principais responsáveis pela chuva, além do Anticiclone Subtropical do Atlântico Sul (ASAS) e o Vórtice Ciclônico de Altos Níveis (VCAN) que, dependendo das suas posições, ocasionam grandes períodos de estiagens (KELLER FILHO *et al.*, 2005; MINUZZI *et al.*, 2007a).

É comum no Estado do Rio de Janeiro, em especial nos grandes centros urbanos durante o verão, a ocorrência de inundações, que são fenômenos naturais de grande impacto e ocorrem quando a intensidade das chuvas é alta e a vazão ultrapassa a capacidade de escoamento dos córregos e rios. Visto que entre 2010 e 2011, de acordo com Dourado *et al.* (2012), mais de mil pessoas morreram em desastres naturais causados por chuvas intensas no Estado do Rio de Janeiro, nos municípios de Angra dos Reis (52 mortos em Janeiro de 2010), Niterói (166 mortos em Abril de 2010) e na Região Serrana do estado (947 mortos), cabe ressaltar os estudos já realizados por André *et al.* (2008); Machado *et al.* (2010); Brito *et al.* (2016) e Gois *et al.* (2017) como forma de aperfeiçoar o entendimento a respeito da variabilidade pluviométrica no estado. A chuva no Estado do Rio de Janeiro sofre considerável influência da topografia, com máximos nas áreas de elevada altitude e mínimos sobre as regiões de baixada e costeira (SILVA; DEREZYNSKI, 2014; SOBRAL, 2017).

De acordo com Silva e segundo Derezynski (2014), os maiores índices pluviométricos médios anuais encontram-se na divisa da região Metropolitana e das Baixadas Litorâneas com a região Serrana, onde a pluviosidade média anual varia entre 2.500 e 2.800 mm. Apesar de alguns trabalhos como Davis e Naghettini (2000), Sant'Anna Neto (2005), Minuzzi *et al.*, (2007a), Minuzzi *et al.*, (2007b), Minuzzi e Sediyaama (2010), Altamirano (2010) e Blain e Kayano (2011) abordarem a recorrência de chuva e a influência de outros fenômenos climáticos sobre o clima de áreas inseridas na região Sudeste, até o presente momento existe uma carência de estudos observacionais precisos que busquem caracterizar a variabilidade espacial, temporal e interanual das chuvas no Estado do Rio de Janeiro. Entretanto, o gráfico da figura

29 e a tabela 5 demonstram o ciclo quase perfeito para o regime de chuva na região estudada, o qual resulta em um ponto positivo a ser utilizado na aplicação dos dispositivos denominados de caixas secas e barraginhas.

Figura 30 – Gráfico de chuvas médias mensais (mm) no período de 1979 a 2009 para o estado do Rio de Janeiro



Fonte: Revista Brasileira de Climatologia – Ano14 – Vol. 22. – jan/jun 2018.

Tabela 8 – Tabela de Pluviometria para a região Sul-Fluminense do Estado do Rio de Janeiro

ID	Regiões de Governo	Estações Pluviométricas	Lat. (°)	Long. (°)	Altitude (m)	Chuva Média Anual (mm)	Falhas (%)
44	Centro Sul	Fagundes	-22,30	-43,18	460	1149,47	1,18
45	Centro Sul	Moura Brasil	-22,13	-43,15	270	1165,95	0,00
46	Centro Sul	Paraíba do Sul	-22,16	-43,29	300	1105,69	0,10

Fonte: Revista Brasileira de Climatologia – Ano14 – Vol. 22. – jan/jun 2018.

4.1 – Considerações Finais

Baseado nas notícias de que a humanidade caminha para exaustão do sistema de abastecimento hídrico em todas as esferas, acredita-se que é imprescindível que todo indivíduo diretamente envolvido com as questões ambientais torne-se um estimulador de novos estudos para que o problema não venha se agravar num futuro próximo, aumentando a possibilidade de umidade no solo.

Para esse projeto considera-se que os recursos utilizados demonstraram que o estudo chegou a um ponto concordante com relação aos seus objetivos. Compreende-se por resultados o material colhido no campo em conjunção como as deduções de gabinete face aos dados obtidos.

Os objetivos foram ressaltados na introdução quando verificou-se a citação, dentre outros exemplos, principalmente sobre a “exaustão anual dos aquíferos em 160 milhões de metros cúbicos ou 160 bilhões de toneladas de água doce. Tomando-se uma base empírica de mil toneladas de água para produzir 1 tonelada de grãos, esses 160 bilhões de toneladas de déficit hídrico equivalem a 160 milhões de toneladas de grãos, ou a metade da colheita dos Estados Unidos” (ONU News, 19/11/2020). Na sequência, uma discussão ampla sobre água subterrâneas, demonstra que os lençóis profundos se acham susceptíveis a contaminação e a se esgotarem, sendo que a legislação não consegue impedir o acesso indiscriminado do bem comum. A partir dessas premissas foram consideradas as possibilidades de incremento de tecnologias com utilização das águas das chuvas como um benefício líquido e certo, levando-se em conta o ciclo de ordem natural, na umidificação de áreas rurais e de florestas. Adotou-se o raciocínio básico de aprisionamento das águas de chuvas excedentes, ou seja, as que não se infiltravam no solo pelo processo natural, quer por não achar o ambiente natural de absorção através da “serrapilheira” ou ravinamento provocado pelas árvores das encostas, quer pela condução forçada através dos drenos cavados como “trincheiras” nas áreas de plantio, nas regiões de lavouras. Essas águas de chuvas excedentes tem caminho crítico traçado diretamente ao córrego ou rio principal da bacia, reduzindo assim substancialmente a sua permanência no solo. O processo natural então, como o tempo vai se reduzindo terminado por tornar a região “focada” na desertificação. Essas águas vão para o mar rapidamente através dos deltas e estuários dos rios principais somente retomam a condição de chuvas, naquelas regiões, quando os processos de evapotranspiração se concretizam, conforme a figura 7 – O ciclo global da água. A necessidade de haver mecanismos de aceleração da umidade no solo, baseada na ideias básicas comentadas, devem ser objetivos a serem considerados, assim como os “resíduos sólidos”, ou como a busca de energia limpa e alternativa, além de muitas demandas da gestão ambiental moderna.

Esse trabalho foi desenvolvido com o claro objetivo de tornar a região rural dos município com potencial de absorção de águas das chuvas, em qualquer ocasião, afastando a possibilidade de desertificação, em conjunto com outras atitudes que

melhorem os padrões ambientais, como exemplos de legislações antidepredatórias e programas de resíduos sólidos. Os procedimentos e os resultados expostos demonstram que a simples condução das águas perdidas das chuvas para “buracos”, devidamente escavados e com características físicas de volumes adequados e capacidade de infiltração proporcionais, contribuem para que os lençóis freáticos saturam os sem número de dutos mínimos subterrâneos, que dão condições aos olhos d`água e nascentes, com custos bastante pequenos. Entretanto, os procedimentos técnicos mínimos explicados devem ser levados em conta a fim de não haver trabalho perdido com execução de planos mal sucedidos.

Podemos então dizer que qualquer pessoa, de qualquer latifúndio ou porção de terras ou de áreas municipais que queira aumentar a umidade do solo e retardar o processo erosivo e de desertificação, influenciando no plantio de arbóreas e hortaliças, basta acompanhar a idéia fundamental de utilizar os dispositivos de coletas de águas de chuvas como caixas secas e barraginhas com os devidos critérios demonstrado no site desenvolvido. Buscou-se a melhoria de um processo já iniciado e pouco utilizado ainda nas estradas e campos, como pôde ser verificado no processo de Revisão Sistemática da Literatura especificamente como os dispositivos de absorção de umidade no solo, objetivando a otimização do rendimento de cada caso.

Considera-se que o processo utilizado como estudo, na APA-Palmares, conforme amplamente demonstrado ao longo do trabalho, contribuiu com informações necessárias para que fosse possível a construção básica dos dispositivos, levando a técnica apurar melhores resultados e procedimentos mais corretos na sua aplicação.

Evidencia-se, por final, que a despeito de ser este um processo natural que tende a ser otimizado com o mínimo manejo científico, com a verificação dos indicadores tais como coloração e turbidez das águas do manancial e reaparecimento de olhos d`água, citados no capítulo anterior, o processo revela-se de grande utilidade, devendo ser mais aplicado a fim de aumento da umidade de áreas rurais e assim uma coleção mais abrangentes dados para estudo, uma vez que o trabalho não possui limitações quanto ao uso, se utilizado de forma correta. Existem várias possibilidades de utilização, inclusive transformando-se num aplicativo móvel de “celular”, onde há a possibilidade de aplicação “in loco”.

5 – Referências Bibliográficas

- Distribuição de água no planeta – Brasil Escola, 2021, versão *online*. disponível em: <https://educador.brasilecola.uol.com.br/estrategias-ensino/a-distribuicao-agua-no-planeta.htm>. Acesso em: 19 jul. 2021
- Shiklomanov, I. "World fresh water resources" in Gleick, P.H. (editor) Water in Crisis: a guide to the World's Fresh Water Resources. 1993
- ABREU, A. H., A Exploração desordenada de Recursos Hídricos no Estado de Santa Catarina, disponível em: <https://documentos.mpsc.mp.br/portal/manager/resourcesDB.aspx?path=612>. Acesso em: 18 jul. 2021.
- BARROS, L. C.de. Captação de águas superficiais de chuvas em barraginhas. Sete Lagoas, MG: Embrapa Milho e Sorgo, 2000. 16p. (Embrapa Milho e Sorgo. Circular Técnica, 2).
- WWF (World Wide Fund for Nature): O que é desenvolvimento sustentável? Disponível em: https://www.wwf.org.br/natureza_brasileira/questoes_ambientais/desenvolvimento_sustentavel/, acesso em julho/2021.
- Aspecto Geral da Modelagem Hidrológica – Secretaria de Políticas e Programas de Pesquisa e Desenvolvimento (SEPED). Disponível forumirrigacao.blogspot.com.br/2012. Acesso em julho/2021.
- EMBRAPA (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária) – Espaço temático. Solos brasileiros. Disponível em: <https://www.embrapa.br/tema-solos-brasileiros/solos-do-brasil>. Acesso em 25 jul. 2021.
- INMET (Instituto Nacional de Meteorologia). Disponível em: <https://portal.inmet.gov.br/>. Acesso em 25 jul. 2021.
- Lei nº 9433, 08 jan. 1997 – Política Nacional de Recursos Hídricos. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9433.htm.
- ODS 6 – Água Potável e Saneamento – Objetivos de desenvolvimento sustentável, Programa 2030, IPEA, 2022. Acessar em: <https://www.ipea.gov.br/ods/ods6.html>
- Companhia Ambiental do Estado de São Paulo (CETESB), Biblioteca Prof. Dr. Lucas Nogueira Garcez. Disponível em: <https://modal.cetesb.sp.gov.br/portal/>
- ALMEIDA, J.D., Calculadora para Caixas Secas e Barraginhas – Dissertação de Mestrado Universidade de Vassouras, 08 jul. 2022. Disponível em: <https://sites.google.com/view/caixassecasebarraginhas/home>
- DAS, Braja M., Fundamentos de Engenharia Geotécnica - São Paulo; Thomson Learning, 2007;

CAMDESSUS, Michel *et al*, Água: oito milhões de mortos por ano. Um escândalo mundial – 1ª ed. - Rio de Janeiro – Editora Bertrand Brasil, 2005;

CAPUTO, Homero Pinto, Mecânica dos solos e suas aplicações – 6ª ed. – Vol 1 - Rio de Janeiro; LTC-Livros Técnicos e Científicos Editora, 1987;

UFRRJ – Apostila de Hidrologia – IT115 – 2007;

COLOMBO *et al*, Eficiência de caixas secas na retenção de sedimentos transportados pela erosão hídrica – XLIV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola – CONBEA 2015 – São Pedro – SP – 2015;

BESERRA, P. S., Avaliação dos efeitos das alterações na cobertura e uso do solo sobre o regime de vazões via modelagem hidrológica considerando incerteza paramétrica. [Distrito Federal] 2016 – Dissertação de Mestrado – Universidade de Brasília. Faculdade de Tecnologia. Departamento de Engenharia Civil e Ambiental;

BARRAGINHAS: água de chuva para todos / Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Embrapa milho e sorgo – Brasília, DF: Embrapa Informação Tecnológica, 2009;

DADALTO *et al*, Captação de águas pluviais nas estradas vicinais. Vitória-ES, EMCAPA (Empresa Capixaba de Pesquisa Agropecuária), 1990;

Publicação INCAPER (Instituto Capixaba de Pesquisa, Assistência Técnica e Extensão Rural), “Técnicos do Incaper participam de curso prático de construção de caixas secas em estradas rurais – Espírito Santo-ES – 29/09/2016;

Publicação ANA (Agência Nacional de Águas), “A Evolução da gestão dos recursos hídricos no Brasil” – Mar/2002;

Gestão local de recursos hídricos: uma reflexão para a cidade do Rio de Janeiro / organizadores: Danielle de Andrade Moreira, Luiz Felipe Guanaes Rego, Maria Fernanda Campos Lemos; coordenação: PUC-Rio, NIMA – Rio de Janeiro: Ed. PUC-Rio, 2016;

MARCONDES, S. Brasil – Amor à primeira vista! Viagem ambiental no Brasil do Século XVI ao XXI – São Paulo-SP: Ed. Fundação Peirópolis, 2005.

6 – Anexos

Apresentamos abaixo as tabelas 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 18, 19 e 20, de janeiro a dezembro as quais demonstram os comportamentos das precipitações no ano de 2019.

Tabela 9 – Precipitação em janeiro 2019

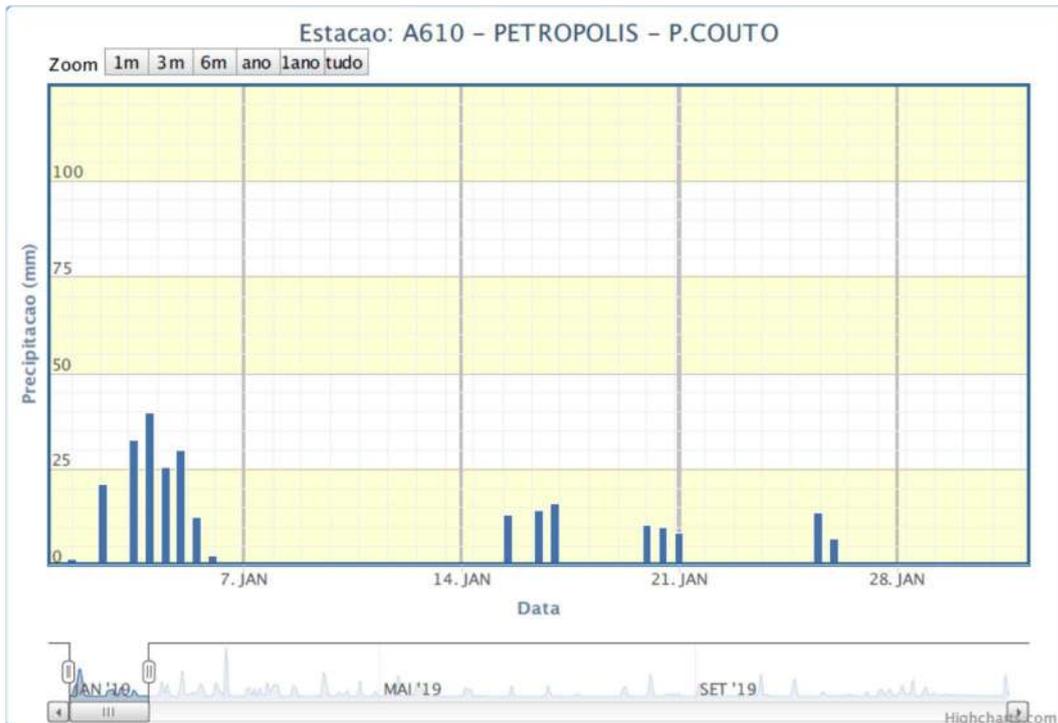
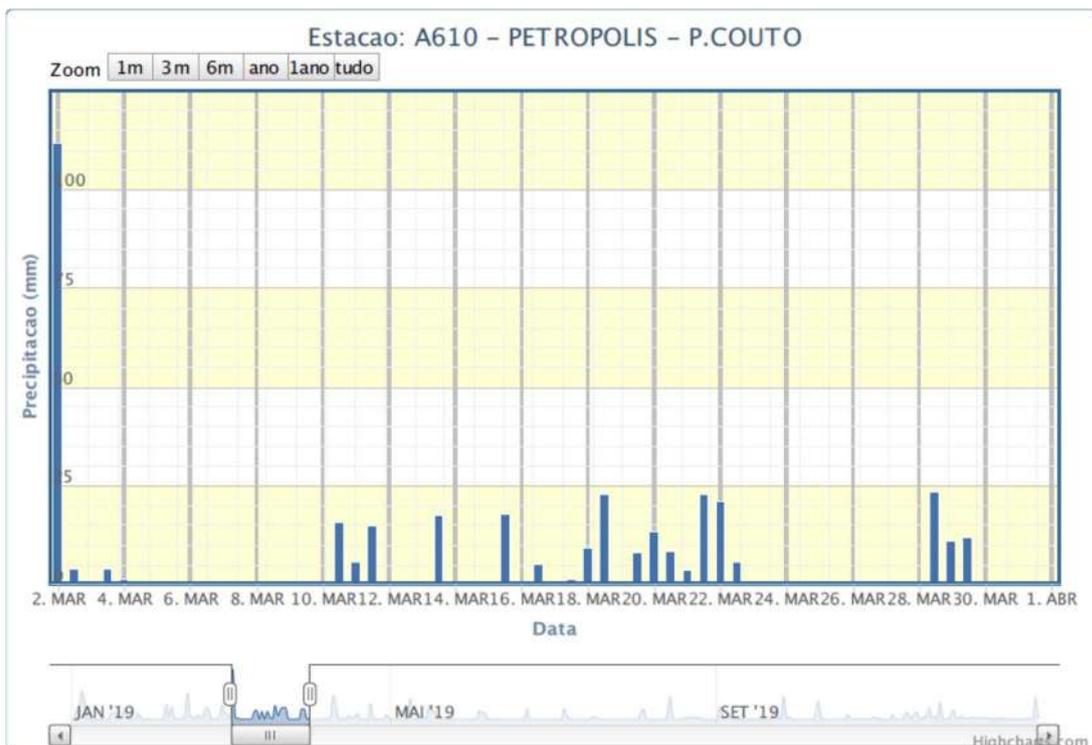


Tabela 10 – Precipitação em fevereiro 2019



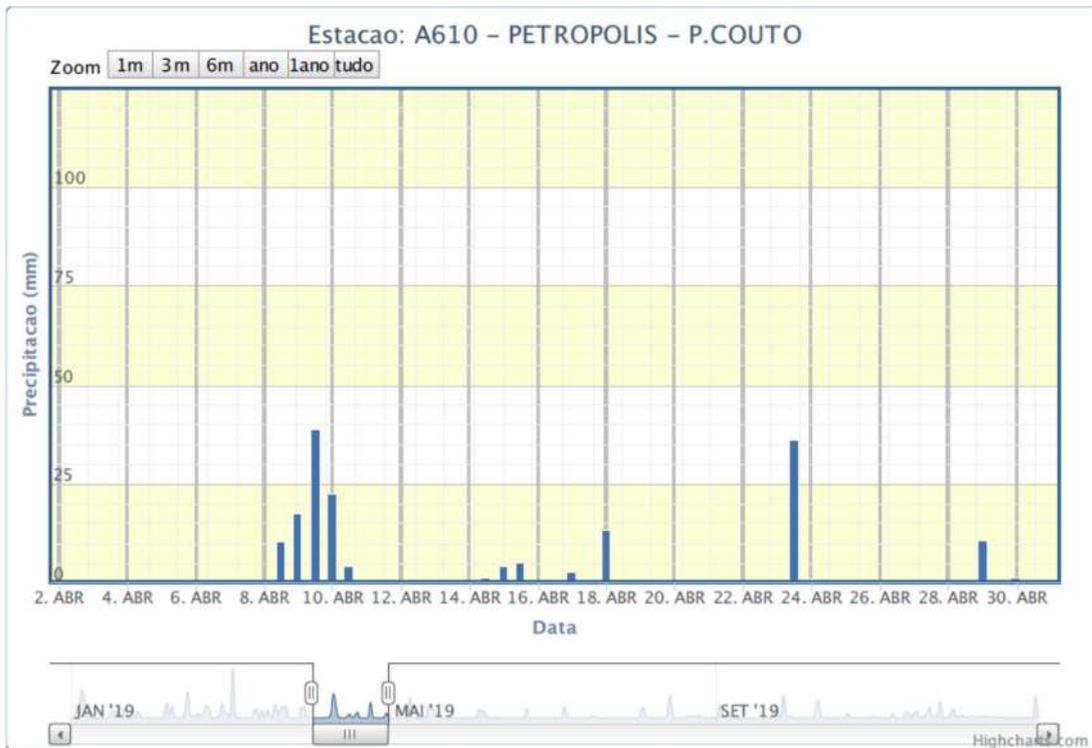
Fonte: INMET – 2021

Tabela 11 – Precipitação em março 2019



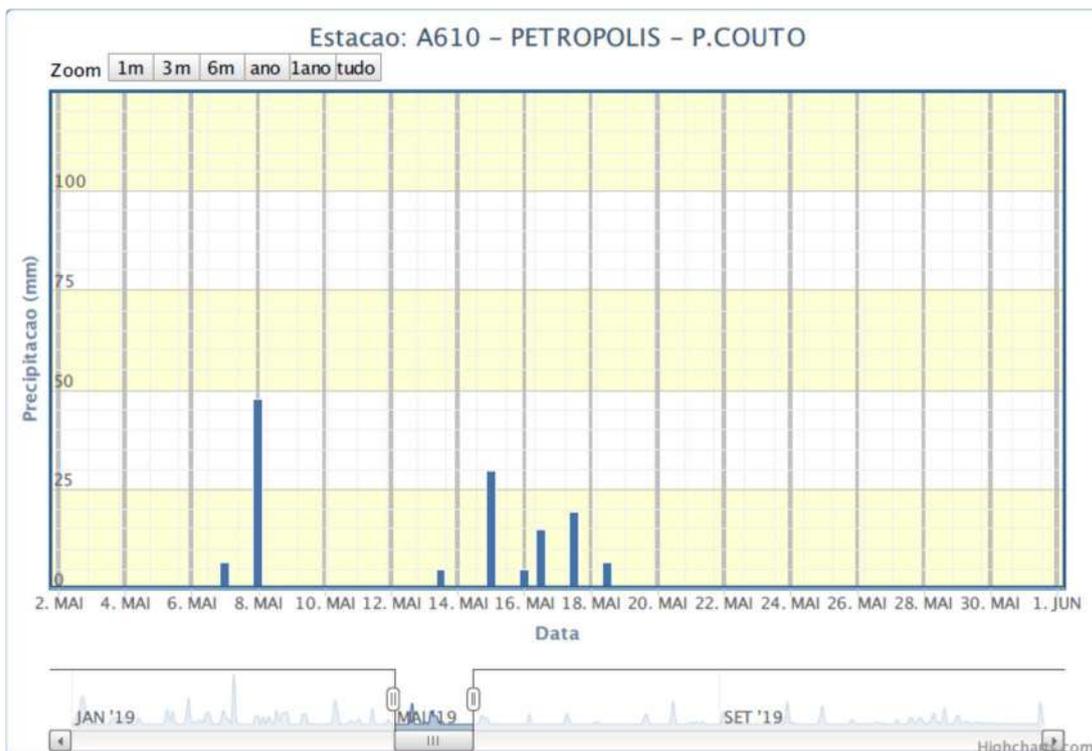
Fonte: INMET - 2021

Tabela 12 – Precipitação em abril 2019



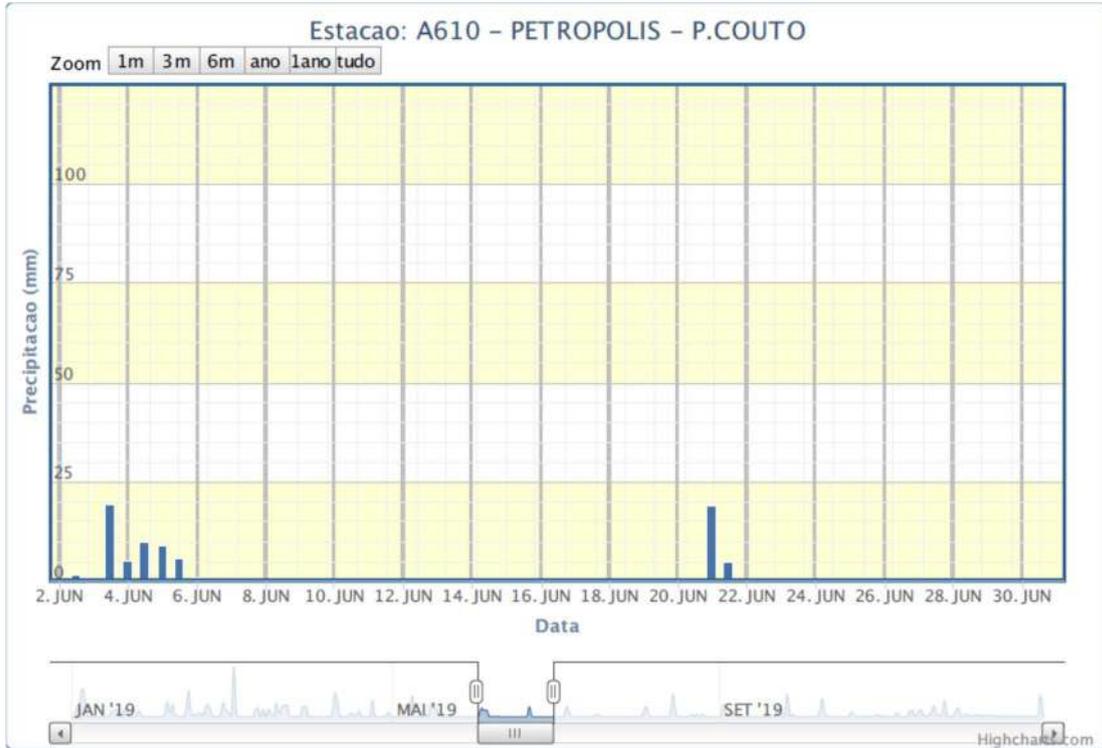
Fonte: INMET - 2021

Tabela 13 – Precipitação em maio 2019



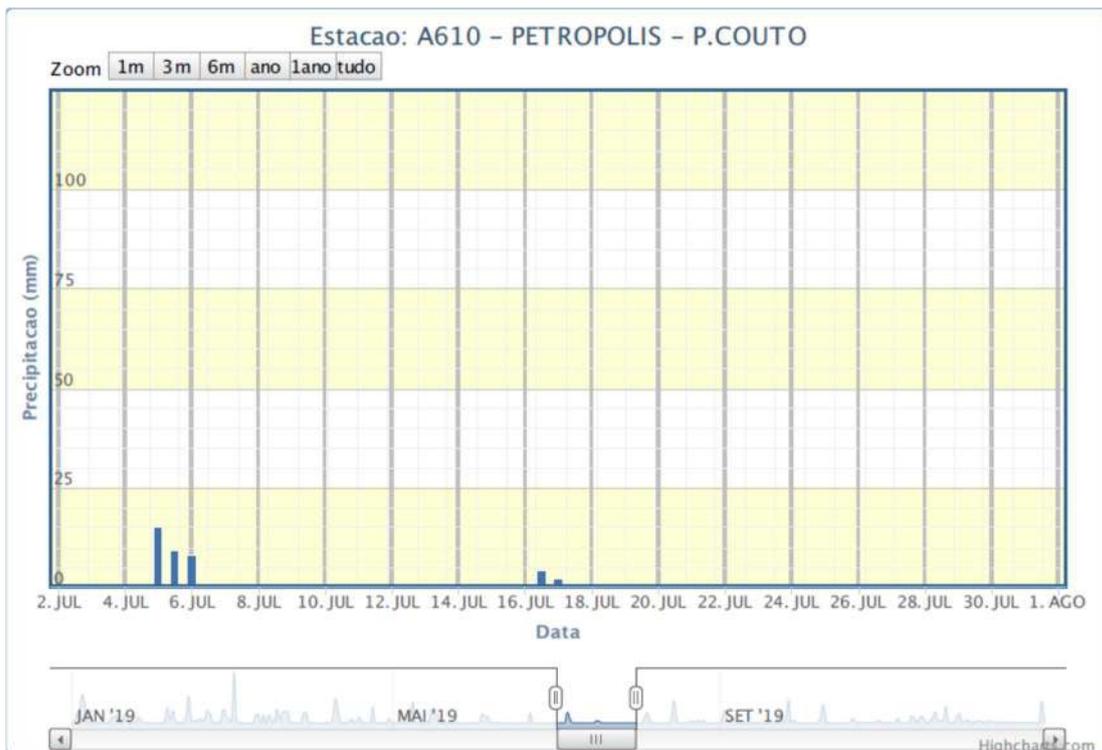
Fonte: INMET - 2021

Tabela 14 – Precipitação em junho 2019



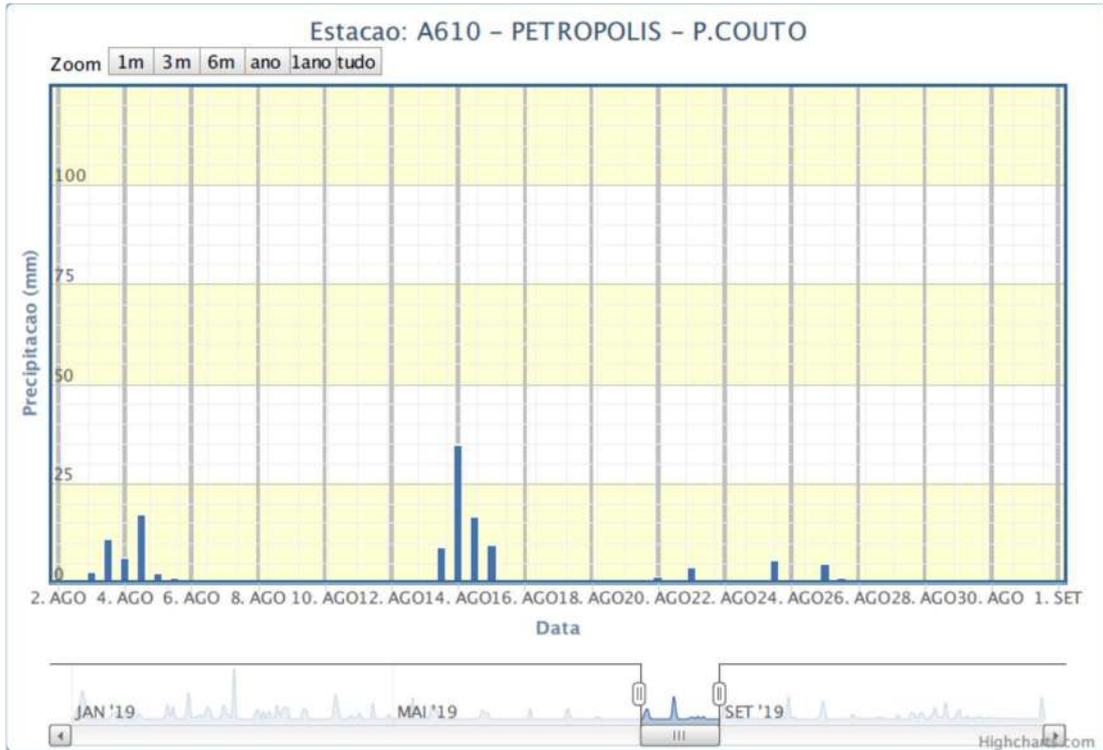
Fonte: INMET - 2021

Tabela 15 – Precipitação em julho 2019



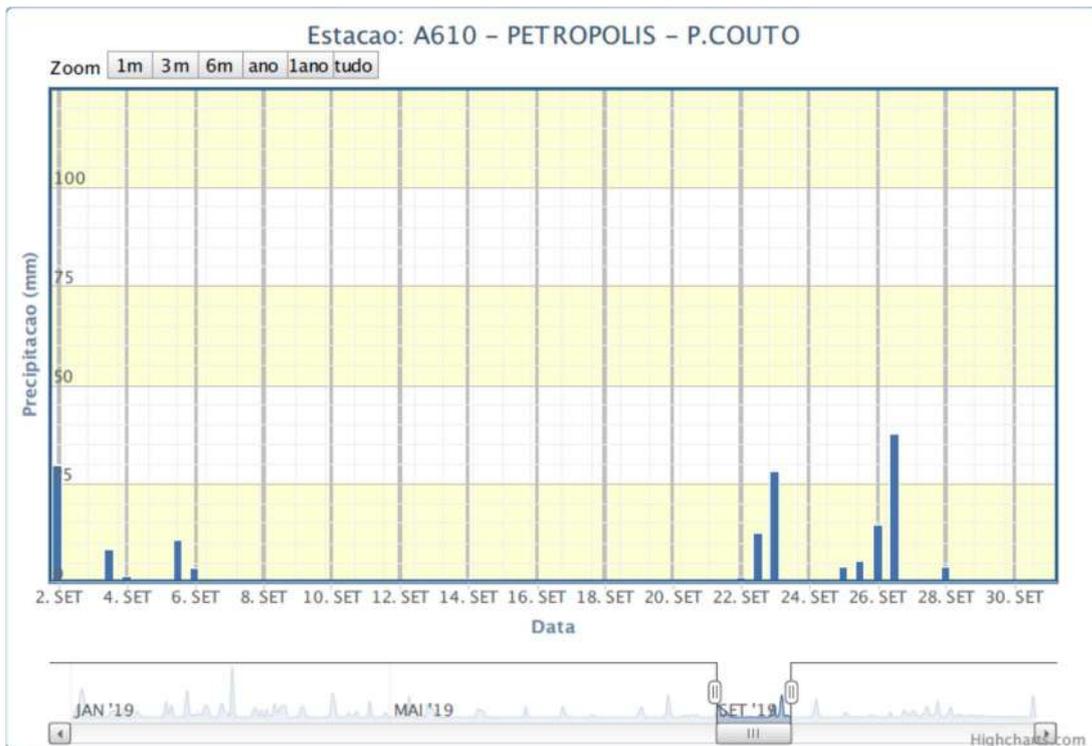
Fonte: INMET - 2021

Tabela 16 – Precipitação em agosto 2019



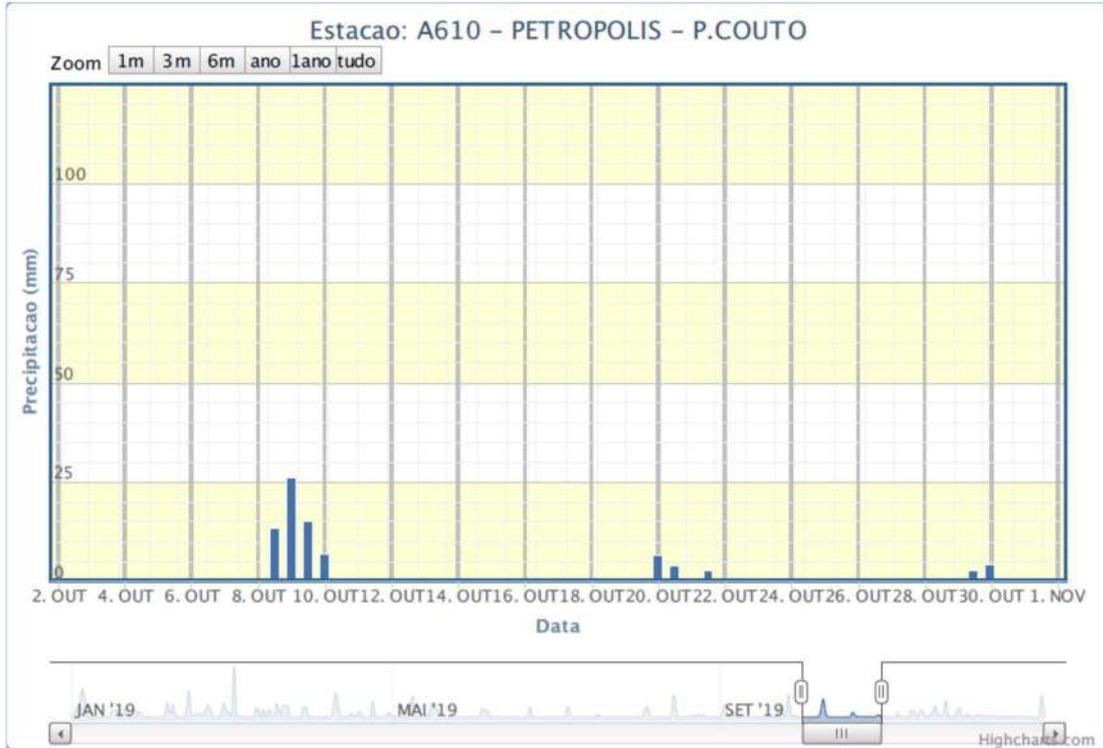
Fonte: INMET - 2021

Tabela 17 – Precipitação em setembro 2019



Fonte: INMET - 2021

Tabela 18 – Precipitação em outubro 2019



Fonte: INMET - 2021

Tabela 19 – Precipitação em novembro 2019



Fonte: INMET - 2021

Tabela 20 – Precipitação em dezembro 2019



Fonte: INMET - 2021

As tabelas 21 e 22 demonstram a série histórica de precipitações por ano entre 2014 e 2019.

Tabela 21 – Precipitação por ano: 2014 / 2015 / 2016

POR ANO - 2014				POR ANO - 2015				POR ANO - 2016			
Estação 83049- Avelar.PdoAlferes				Estação 83049- Avelar.PdoAlferes				Estação 83049- Avelar.PdoAlferes			
ANO	Data	PRECIP tot mm	Duraç em dias	ANO	MÊS	PRECIP tot mm	Duraç em dias	ANO	MÊS	PRECIP tot mm	Duraç em dias
2014	01/jan	88	31	2015	01/jan	105	31	2016	01/jan	279	31
2014	01/fev	58	31	2015	01/fev	135	31	2016	01/fev	128	31
2014	01/mar	97	28	2015	01/mar	132	28	2016	01/mar	54	28
2014	01/abr	139	31	2015	01/abr	62	31	2016	01/abr	26	31
2014	01/mai	54	30	2015	01/mai	13	30	2016	01/mai	15	30
2014	01/jun	23	31	2015	01/jun	17	31	2016	01/jun	86	31
2014	01/jul	33	30	2015	01/jul	1	30	2016	01/jul	0	30
2014	01/ago	6	31	2015	01/ago	7	31	2016	01/ago	12	31
2014	01/set	12	31	2015	01/set	88	31	2016	01/set	77	31
2014	01/out	27	30	2015	01/out	27	30	2016	01/out	65	30
2014	01/nov	118	31	2015	01/nov	255	31	2016	01/nov	279	31

2014	01/dez	86	30	2015	01/dez	185	30	2016	01/dez	261	30
------	--------	----	----	------	--------	-----	----	------	--------	-----	----

Fonte: INMET - 2021

Tabela 22 – Precipitação por ano: 2017 / 2018 / 2019

POR ANO - 2017				POR ANO - 2019				POR ANO - 2019			
Estação 83049- Avelar.PdoAlferes				Estação 83049- Avelar.PdoAlferes				Estação 83049- Avelar.PdoAlferes			
ANO	MÊS	PRECIP tot mm	Duraç em dias	ANO	MÊS	PRECIP tot mm	Duraç em dias	ANO	MÊS	PRECIP tot mm	Duraç em dias
2017	01/jan	135	31	2018	01/jan	238	31	2019	01/jan	140	31
2017	01/fev	152	31	2018	01/fev	165	31	2019	01/fev	210	31
2017	01/mar	179	28	2018	01/mar	94	28	2019	01/mar	122	28
2017	01/abr	28	31	2018	01/abr	36	31	2019	01/abr	71	31
2017	01/mai	49	30	2018	01/mai	71	30	2019	01/mai	23	30
2017	01/jun	41	31	2018	01/jun	1	31	2019	01/jun	48	31
2017	01/jul	0	30	2018	01/jul	7	30	2019	01/jul	8	30
2017	01/ago	27	31	2018	01/ago	58	31	2019	01/ago	8	31
2017	01/set	8	31	2018	01/set	70	31	2019	01/set	92	31
2017	01/out	105	30	2018	01/out	28	30	2019	01/out	158	30
2017	01/nov	160	31	2018	01/nov	171	31	2019	01/nov	58	31
2017	01/dez	198	30	2018	01/dez	55	30	2019	01/dez	233	30

Fonte: INMET – 2021

A tabela 23 apresenta um estudo de precipitação média entre os anos de 2014 e 2019.

Tabela 23 – Precipitação média: 2014 ...2019

Estudo da série histórica por ano/mensal					
Ano	Total precip (mm)	Média 06 mese	Maior precip mensal	Média Maior precip dia	Menor precip mensal
2014	741	123,5	139	4,6333	6
2015	1027	171,17	255	8,5	1
2016	1282	213,67	279	9,3	0
2017	1082	180,33	198	6,6	0
2018	994	165,67	238	7,9333	1
2019	1171	195,17	233	7,7667	8
Σ	6297	1049,5	1342	44,733	

Fonte: INMET - 2021

As tabelas 24 a 27 demonstram parâmetros físico-químicos da água coletada no trecho utilizado na implantação dos dispositivos caixas secas e barraginhas, na estrada de Palmares, em Paty do Alferes- RJ, nos anos de 2017, 2018, 2019 e 2020.

Tabela 24 – CEDAE - Parâmetros físico-químicos para o ano de 2017, na ETA de Paty do Alferes - RJ

ANO 2017	Amostras realizadas para bacteriologia, cloro residual e turbidez	Amostras realizadas para cor	Parâmetros Físico-Químicos- Média dos Resultados Mensais			Parâmetros Bacteriológicos- % de Amostras Dentro do Padrão			
			Turbidez (< 5 UNT)	Cor Aparente (< 15 uH)	Cloro Residual Livre (0,2 a 5,0 mg/L)	Coli-formes Totais	Coli-formes Totais (após recoleta)	E.coli	E.coli (após recoleta)
JAN	104	7	0,7	0,0	1,5	100,0	N.A.	100,0	N.A.
FEV	102	8	1,1	0,0	1,5	100,0	N.A.	100,0	N.A.
MAR	102	8	0,8	1,3	1,3	100,0	N.A.	100,0	N.A.
ABR	102	7	0,6	0,7	1,4	85,3	100	100,0	N.A.
MAI	102	7	0,6	0,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
JUN	102	7	0,4	0,0	1,9	100,0	N.A.	100,0	N.A.
JUL	102	8	0,5	5,0	2,0	100,0	N.A.	100,0	N.A.
AGO	102	7	0,3	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
SET	108	6	0,6	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
OUT	102	3	0,5	5,0	1,6	88,2	100	100,0	N.A.
NOV	102	7	0,4	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
DEZ	85	3	0,5	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.

Fonte: CEDAE-RJ

Tabela 25 – CEDAE - Parâmetros físico-químicos para o ano de 2018, na ETA de Paty do Alferes - RJ

ANO 2018	Amostras realizadas para bacteriologia, cloro residual e turbidez	Amostras realizadas para cor	Parâmetros Físico-Químicos- Média dos Resultados Mensais			Parâmetros Bacteriológicos- % de Amostras Dentro do Padrão			
			Turbidez (< 5 UNT)	Cor Aparente (< 15 uH)	Cloro Residual Livre (0,2 a 5,0 mg/L)	Coli-formes Totais	Coli-formes Totais (após recoleta)	E.coli	E.coli (após recoleta)
JAN	102	7	0,4	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
FEV	102	8	0,6	5,0	2,3	100,0	N.A.	100,0	N.A.
MAR	102	9	0,5	-	2,2	100,0	N.A.	100,0	N.A.
ABR	102	6	1,4	5,0	1,7	100,0	N.A.	100,0	N.A.
MAI	102	8	1,0	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
JUN	102	10	0,6	5,0	1,9	100,0	N.A.	100,0	N.A.
JUL	102	7	0,5	5,0	1,8	100,0	N.A.	100,0	N.A.
AGO	102	7	0,4	4,3	1,9	100,0	N.A.	100,0	N.A.
SET	102	7	0,9	5,0	2,2	100,0	N.A.	100,0	N.A.
OUT	102	7	0,5	5,0	1,9	100,0	N.A.	100,0	N.A.
NOV	102	8	0,5	5,0	2,0	100,0	N.A.	100,0	N.A.
DEZ	102	9	0,5	5,0	1,9	100,0	N.A.	100,0	N.A.

Fonte: CEDAE-RJ

Tabela 26 – CEDAE - Parâmetros físico-químicos para o ano de 2019, na ETA de Paty do Alferes - RJ

SISTEMA PATY DO ALFERES - REDE DE DISTRIBUIÇÃO									
ANO 2019	AMOSTRAS REALIZADAS PARA BACTERIOLOGIA, CLORO RESIDUAL E TURBIDEZ	AMOSTRAS REALIZADAS PARA COR	Parâmetros Físico-Químicos - Média dos Resultados Mensais			Parâmetros Bacteriológicos - Percentual de Amostras Dentro do Padrão			
			Turbidez (< 5 UNT)	Cor Aparente (< 15 uH)	Cloro Residual Livre(0,2 a 5,0 mg/L)	Coliformes Totais	Coliformes Totais (Após Recoleta)	E.coli	E.Coli (Após Recoleta)
JAN	34,0	34,0	1,8	5,0	1,7	100,0	N/A	100,0	N/A
FEV	34,0	34,0	0,8	5,0	1,9	100,0	N/A	100,0	N/A
MAR	34,0	34,0	1,4	6,1	1,7	100,0	N/A	100,0	N/A
ABR	34,0	34,0	1,4	<5	0,8	100,0	N/A	100,0	N/A
MAI	34,0	34,0	0,5	<5	1,3	100,0	N/A	100,0	N/A
JUN	34,0	34,0	0,9	<5	1,4	100,0	N/A	100,0	N/A
JUL	34,0	34,0	0,6	<5	1,2	100,0	N/A	100,0	N/A
AGO	34,0	34,0	0,5	<5	1,3	100,0	N/A	100,0	N/A
SET	52,0	52,0	0,7	<5	1,1	100,0	N/A	100,0	N/A
OUT	51,0	51,0	0,6	<5	1,0	100,0	N/A	100,0	N/A
NOV	47,0	47,0	0,7	<5	1,2	100,0	N/A	100,0	N/A
DEZ	1,0	1,0	1,0	<5	2,0	100,0	N/A	100,0	N/A

Fonte: CEDAE-RJ

Tabela 27 – CEDAE - Parâmetros físico-químicos para o ano de 2020, na ETA de Paty do Alferes - RJ

SISTEMA PATY DO ALFERES - REDE DE DISTRIBUIÇÃO									
ANO 2020	AMOSTRAS REALIZADAS PARA BACTERIOLOGIA, CLORO RESIDUAL E TURBIDEZ	AMOSTRAS REALIZADAS PARA COR	Parâmetros Físico-Químicos - Média dos Resultados Mensais			Parâmetros Bacteriológicos - Percentual de Amostras Dentro do Padrão			
			Turbidez (< 5 UNT)	Cor Aparente (< 15 uH)	Cloro Residual Livre(0,2 a 5,0 mg/L)	Coliformes Totais	Coliformes Totais (Após Recoleta)	E.coli	E.Coli (Após Recoleta)
JAN	32,0	32,0	0,7	<5	1,3	100,0	N/A	100,0	N/A
FEV	16,0	16,0	0,4	5,0	1,3	100,0	N/A	100,0	N/A
MAR	29,0	29,0	1,7	6,0	1,3	100,0	N/A	100,0	N/A
ABR	29,0	28,0	0,8	<5	2,6	97,0	100,0	100,0	N/A
MAI	29,0	29,0	0,5	<5	1,9	97,0	100,0	100,0	N/A
JUN	29,0	29,0	0,9	<5	1,6	100,0	N/A	100,0	N/A
JUL	29,0	29,0	0,7	<5	1,6	100,0	N/A	100,0	N/A
AGO	29,0	29,0	0,5	3,0	1,4	100,0	N/A	100,0	N/A
SET	29,0	29,0	2,2	2,0	1,5	90,0	100,0	97,0	100,0
OUT	32,0	32,0	0,5	3,0	1,5	91,0	100,0	100,0	N/A
NOV	29,0	29,0	1,9	5,0	1,4	100,0	N/A	100,0	N/A
DEZ	29,0	29,0	0,7	<5	1,1	100,0	N/A	100,0	N/A

*Em alguns sistemas, o quantitativo de amostras foi reduzido, devido à pandemia de COVID-19 (Autorizado pela Secretaria de Estado de Saúde em resposta ao Ofício CEDAE/DSG N° 12/2020)
*N/A: Não se aplica

Fonte: CEDAE-RJ

7 – APÊNDICE

Essa tabela trata de demonstrar as posições dos dispositivos instalados no trecho 1 (trecho do estudo) na estrada Paty x Petrópolis, na APA Palmares, município de Paty do Alferes – RJ.

Apêndice A - Distribuição dos dispositivos “caixas seca e barraginha” distribuídos no trecho 1.

CAIXA SECA	PONTO 1	PONTO 2	COORD SOUTH	COORD WEST	ELEV (m)	OBS	DIM X (m)	DIM Y (m)	DIM Z (m)	VOLUME (m³)
	A		22° 27' 24,15"	43°22'58,82"	1027	inicio				
1		B1	22° 27' 23,49"	43°22'59,66"	1028		1,6	3	3	14,4
2		B2	22° 27' 22,58"	43°22'01,18"	1021		1,6	3	3	14,4
3		B3	22° 27' 21,99"	43°22'01,46"	1017		1,6	3	3	14,4
4		B	22° 27' 21,49"	43°23'01,89"	1013		1,6	3	3	14,4
5	B	C1	22° 27' 21,45"	43°23'03,23"	1011		1,7	3	3	15,3
6		C2	22° 27' 21,43"	43°23'04,21"	1011		1,7	3	3	15,3
7		C3	22° 27' 21,37"	43°23'05,31"	1015		1,7	3	3	15,3
8		C4	22° 27' 20,93"	43°23'05,70"	1012		1,7	3	3	15,3
9		C	22° 27' 20,30"	43°23'05,92"	1004		1,7	3	3	15,3
10	C	D1	22° 27' 19,86"	43°23'06,80"	1004		2,9	3	3	26,1
11		D2	22° 27' 18,79"	43°23'07,25"	996		2,9	3	3	26,1
12		D3	22° 27' 17,65"	43°23'09,06"	995		2,9	3	3	26,1
13		D4	22° 27' 16,53"	43°23'09,74"	989		2,9	3	3	26,1
14		D5	22° 27' 15,41"	43°23'10,21"	982		2,9	3	3	26,1
15		D6	22° 27' 14,38"	43°23'10,99"	978		2,9	3	3	26,1
16		D	22° 27' 13,34"	43°23'11,71"	970		2,9	3	3	26,1
	D	E	22° 27' 13,42"	43°23'12,67"	971	NÃO É CX SC				0
17	E	F1	22° 27' 14,31"	43°23'13,86"	975		3	3	3	27
18		F	22° 27' 15,66"	43°23'14,83"	976		3	3	3	27

	F	G1	22° 27' 17,95"	43°23'15,81"	980	NÃO É CX SC				0
19		G	22° 27' 20,79"	43°23'17,53"	976		4,75	3	3	42,75
20	G	H	22° 27' 19,74"	43°23'18,86"	971		2,9	3	3	26,1
	H	I	22° 27' 17,51"	43°23'17,96"	972	NÃO É CX SC				0
21	I	J	22° 27' 15,94"	43°23'18,21"	970		4,2	3	3	37,8
22	J	L1	22° 27' 14,68"	43°23'17,63"	968		2,8	3	3	25,2
23		L2	22° 27' 13,41"	43°23'17,11"	965		2,8	3	3	25,2
24		L	22° 27' 12,40"	43°23'16,18"	962		2,8	3	3	25,2
25	L	M1	22° 27' 11,85"	43°23'15,69"	961		2,05	3	3	18,45
26		M2	22° 27' 10,29"	43°23'15,31"	958		2,05	3	3	18,45
27		M3	22° 27' 10,07"	43°23'14,66"	955		2,05	3	3	18,45
28		M4	22° 27' 09,49"	43°23'14,17"	953		2,05	3	3	18,45
29		M5	22° 27' 08,99"	43°23'13,54"	948		2,05	3	3	18,45
30		M6	22° 27' 08,53"	43°23'13,07"	944		2,05	3	3	18,45
31		M	22° 27' 07,29"	43°23'13,13"	937		2,05	3	3	18,45
31	M	N1	22° 27' 07,52"	43°23'14,39"	936		2,05	3	3	18,45
32		N2	22° 27' 07,26"	43°23'15,64"	934		2,05	3	3	18,45
33		N	22° 27' 07,05"	43°23'16,70"	931		2,05	3	3	18,45
	N	O	22° 27' 07,33"	43°23'18,32"	931	NÃO É CX SC				0
34	O	P1	22° 27' 07,81"	43°23'19,34"	929		3,5	3	3	31,5
35		P2	22° 27' 08,50"	43°23'20,76"	927		3,5	3	3	31,5
36		P	22° 27' 09,48"	43°23'22,15"	926		3,5	3	3	31,5
37	P	Q1	22° 27' 09,98"	43°23'22,86"	924		2,7	3	3	24,3
38		Q2	22° 27' 10,44"	43°23'23,82"	920		2,7	3	3	24,3
39		Q	22° 27' 11,05"	43°23'24,89"	915		2,7	3	3	24,3
40	Q	R1	22° 27' 11,61"	43°23'24,99"	918		2	3	3	18

41		R2	22° 27' 12,44"	43°23'24,79"	923		2	3	3	18
		R3	22° 27' 13,07"	43°23'24,77"	925	NÃO É CX SC				0
42		R4	22° 27' 14,14"	43°23'24,99"	924		2	3	3	18
43		R5	22° 27' 14,94"	43°23'25,10"	927		2	3	3	18
44		R6	22° 27' 15,82"	43°23'25,18"	931		2	3	3	18
		R	22° 27' 16,98"	43°23'25,33"	936	NÃO É CX SC				0
45	R	S	22° 27' 16,12"	43°23'26,43"	929		2,8	3	3	25,2
46	S	T1	22° 27' 15,29"	43°23'27,04"	924		2,5	3	3	22,5
47		T	22° 27' 14,86"	43°23'27,57"	919		2,5	3	3	22,5
48	T	U	22° 27' 14,23	43°23'28,60"	915		3,2	3	3	28,8
49	U	V1	22° 27' 13,51"	43°23'28,88"	913		1,8	3	3	16,2
50		V2	22° 27' 12,89"	43°23'29,13"	911		1,8	3	3	16,2
51		V3	22° 27' 12,23"	43°23'29,51"	907		1,8	3	3	16,2
52		V4	22° 27' 11,58"	43°23'30,20"	904		1,8	3	3	16,2
53		V5	22° 27' 10,56"	43°23'30,96"	898		1,8	3	3	16,2
54		V6	22° 27' 09,76"	43°23'31,57"	895		1,8	3	3	16,2
55		V	22° 27' 09,10"	43°23'32,14"	893		1,8	3	3	16,2
	V	X1	22° 27' 08,59"	43°23'33,36"	894	NÃO É CX SC				0
56		X2	22° 27' 08,12"	43°23'35,57"	890		3,4	3	3	30,6
57		X	22° 27' 07,61"	43°23'37,31"	883		3,4	3	3	30,6