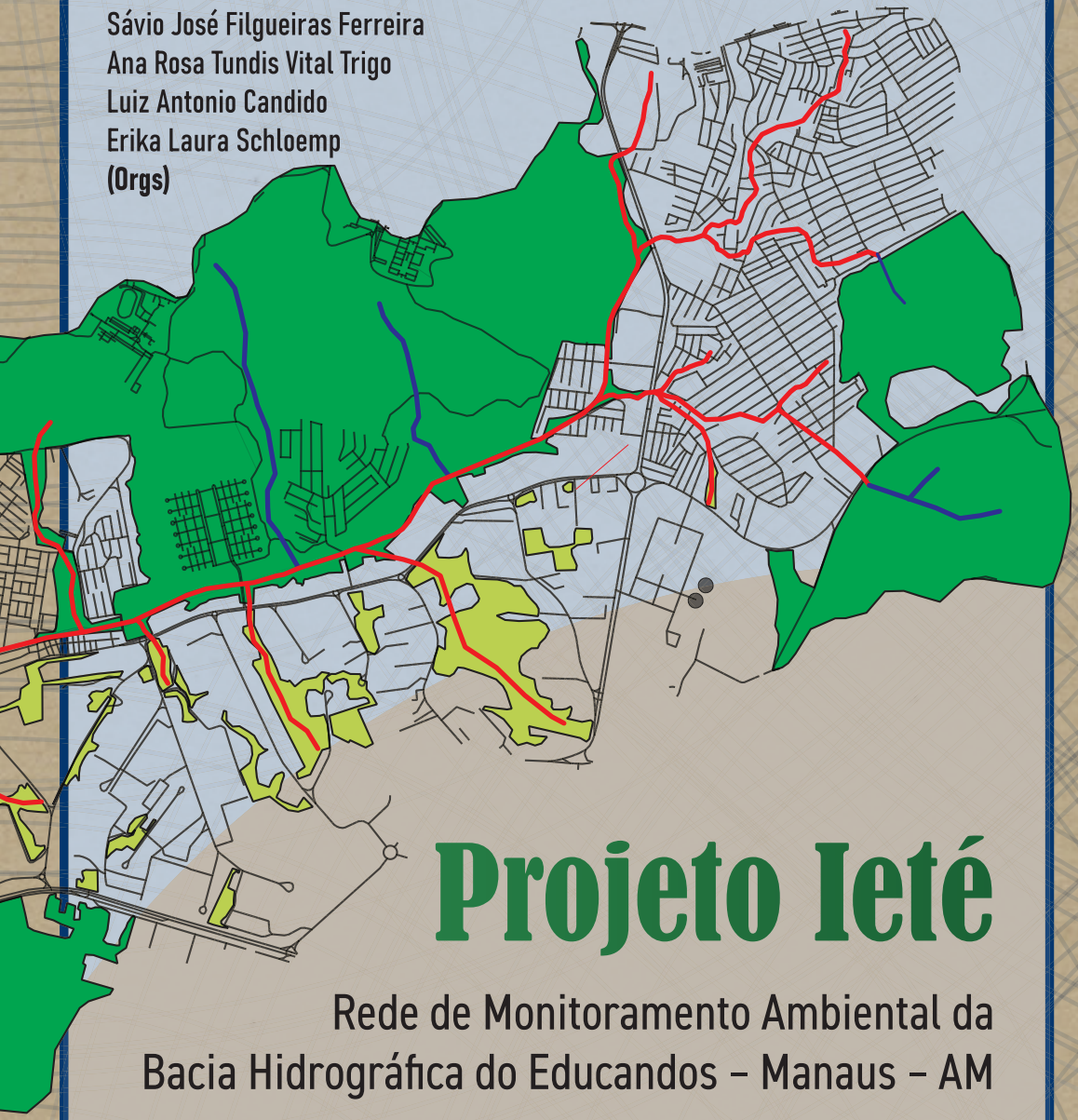
Márcio Luiz da Silva
Maria Terezinha Ferreira Monteiro
Sávio José Filgueiras Ferreira
Ana Rosa Tundis Vital Trigo
Luiz Antonio Candido
Erika Laura Schloemp
(Orgs)



Projeto Ieté

Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus – AM

Fase II: Consolidação e Monitoramento

SAMSUNG
INPA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

Projeto Ieté

Rede de Monitoramento Ambiental da
Bacia Hidrográfica do Educandos - Manaus - AM

Fase II: Consolidação e Monitoramento

MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA
E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

LUIZ INÁCIO LULA DA SILVA
PRESIDENTE DA REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL

LUCIANA BARBOSA DE OLIVEIRA SANTOS
MINISTRA DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÕES

INPA
INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

ANTONIA MARIA RAMOS FRANCO PEREIRA
DIRETORA DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA

HILLÂNDIA BRANDÃO DA CUNHA
COORDENAÇÃO DE AÇÕES ESTRATÉGICAS – COAES

SAMSUNG

YOONSOP KANG
DIRETOR GERAL DO SAMSUNG R&D INSTITUTE BRAZIL – SRBR

CHEOLHYEONG CHO
PRESIDENTE DA FÁBRICA DA SAMSUNG EM MANAUS – SEDA(M)

FERNANDO CAMPOS DE ARRUDA JR.
DIRETOR DE PD&I DO SAMSUNG R&D INSTITUTE BRAZIL – SRBR

Márcio Luiz da Silva
Maria Terezinha Ferreira Monteiro
Sávio José Filgueiras Ferreira
Ana Rosa Tundis Vital Trigo
Luiz Antonio Candido
Erika Laura Schloemp
(Orgs)

Projeto Ieté

Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos - Manaus - AM

Fase II: Consolidação e Monitoramento

EDITORA SCIENZA

Manaus, 2023

Copyright © 2013 – Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia - INPA; SAMSUNG Eletrônica da Amazônia LTDA - SEDA - M, 2023.

Todos os direitos reservados.

É proibido a reprodução deste livro com fins comerciais sem prévia autorização do INPA e da SEDA-M.

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Projeto IETÉ: rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos – Manaus – AM. Fase II: consolidação e monitoramento / organizado por Márcio Luiz da Silva... [et al]. – São Carlos, SP : Editora Scienza, 2023.
232 p. il. color

ISBN: 978-65-5668-114-6
DOI: http://dx.doi.org/10.26626/9786556681146.2023B0001

1. Preservação ambiental. 2. Diagnóstico científico. 3. monitoramento técnico. 4. Meio ambiente. I. Silva, Márcio Luiz da (org.). II. Monteiro, Maria Terezinha Ferreira (org.). III. Ferreira, Sávio José Filgueiras (org.). IV. Trigo, Ana Rosa Tundis Vital (org.). V. Schloemp, Erika Laura (org.).

CDD 363.7

Elaborado por Natalia Gallo Cerrao – CRB 8/10169

Revisão, editoração e impressão

EDITORA SCIENZA

Rua Juca Sabino, 21 – São Carlos, SP | (16) 9 9285-3689
www.editorascienza.com.br | gustavo@editorascienza.com

Créditos Técnicos – Projeto IETÉ

Coordenador: Márcio Luiz da Silva

Vice Coordenador: Sávio José Filgueiras Ferreira

Vice Coordenador: Luiz Antonio Candido

Gerente Operacional: Maria Terezinha Ferreira Monteiro

Gerente de Meteorologia: Luiz Antonio Candido

Gerente de Hidrologia: Ana Rosa Tundis Vital Trigo

Gerente de Hidrogeologia: Márcio Luiz da Silva

Gerente de Química Geral: Sávio José Filgueiras Ferreira

Equipe editorial

Supervisão Geral: Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Márcio Luiz da Silva e Erika Laura Schloemp.

Revisão dos originais: Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Erika Laura Schloemp e Shirley Santos Pinheiro Campos.

Fotos: Projeto IETÉ.

Revisão de figuras, desenhos e gráficos: Erika Schloemp e Shirley Santos Pinheiro Campos.

Conselho editorial: Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Márcio Luiz da Silva, Sávio José Filgueiras Ferreira e Ana Rosa Tundis Vital Trigo.

Prefácio

Necessidade e Força de Vontade

A caminhada é quilométrica sob floresta densa com algumas frestas de raios solares. O chão, ora encharcado, ora úmido é coberto por folhas em decomposição, onde cobras, escorpiões e insetos com seus zumbidos e picadas doloridas dominam o ambiente. Nessa tortuosa e indefinida trilha, pesquisadores investigam novas informações para que o elemento água seja garantido com qualidade em todas as finalidades de uso.

É nesse ambiente desafiador que se dá o pioneiro Projeto IETÉ, de monitoramento integrado na área do Distrito industrial de Manaus/AM, o maior polo fabril da América Latina, com aproximadamente 600 indústrias. No entorno delas, centenas de bairros e mais de um milhão de habitantes. Números oficiais são aguardados no novo censo do IBGE, mas aqui já se tem dimensão da importância de um monitoramento das águas, suas fontes e mananciais.

Para existir, IETÉ precisou ir além da própria realidade que em diagnóstico científico mostra igarapés poluídos (semimortos), nascentes ameaçadas, vegetação natural, drasticamente reduzida e fontes subterrâneas com volume de água diminuindo por longos períodos de exploração de poços-artesianos, boa parte sem os meios técnicos adequados. Ações isoladas ao longo dos últimos 50 anos mantiveram o problema em ordem crescente.

Para existir, IETÉ precisou atentar para a burocracia, notadamente para a Lei de informática 8.387/1991, sendo essa a primeira vez utilizada pelo INPA, após 28 anos de existência e de predominância de aprovação de projetos ligados ao setor de informática.

A iniciativa inédita gerou uma parceria igualmente pioneira com a SAMSUMG, para o monitoramento integrado da bacia hidrográfica do Educandos, uma das seis existentes na capital Manaus/AM. Aqui a palavra inovação começa a democratizar a percepção de projetos dentro da Lei de Informática.

Para inovar, IETÉ desenvolveu-se, rompendo com as inúteis ações isoladas, e fez uma integração entre conhecimentos necessários para diagnósticos mais completos e reações mais urgentes e práticas, como: Hidrologia, Hidrogeologia, Meteorologia, Química Ambiental e Mapeamento Vegetal. Esses vários ramos da ciência geram informações que podem promover ações sustentáveis.

As tecnologias aliadas ao conhecimento científico servidas ao modelo integrado são necessárias e aceleram ações no rumo sustentabilidade. Isso significa que o IETÉ é o instrumento de ajuda à revitalização de igarapés, mananciais, recargas artificiais e, principalmente, indicativo de confiança para que se tenha água potável, e assim milhares de pessoas deixem de adoecer e crianças deixem de morrer por disenteria em plena era da Tecnologia da Informação.

Frente à todas as necessidades, pesquisadores irão continuar desafiando florestas, igarapés, e toda a realidade de percalços na trilha do conhecimento para que IETÉ tenha, cada vez mais, fortalecido seu significado "águas verdadeiras". Aqui reside a essência da necessidade de o projeto continuar e se expandir. Está na Lei, está na força de vontade dos pesquisadores do INPA e de empresas com a visão da SAMSUNG.

Marcus Alberto Stoyanovith Cavalcanti

Jornalista

Posfácio

Compromisso com o Meio Ambiente para um Futuro Sustentável

O livro, ***Projeto IETÉ rede de monitoramento ambiental da Bacia Hidrográfica de Educandos – Fase II: Consolidação e Monitoramento***, é uma importante iniciativa, repleta de experiências e resultados gerados como parte do trabalho de pesquisa e desenvolvimento de uma equipe multidisciplinar de cientistas do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Estes trabalhos, focados principalmente na Bacia Hidrográfica de Educandos (BHE), que é uma das bacias mais poluídas na cidade de Manaus, são altamente relevantes se consideramos a falta de estudos na região e a interação de áreas de pesquisa com tanta significação, num mesmo projeto, na hora de fazer o modelamento do impacto antrópico numa determinada área e propor soluções fundadas em bases sólidas e bem estruturadas.

Fatores como a industrialização, as construções irregulares, a falta de planejamento nas áreas populacionais ao longo da BHE, e a carência total ou parcial de infraestrutura de saneamento, têm sido determinantes para a forte deterioração e a poluição crescente dos ecossistemas superficial e subterrâneo, no percurso desde as nascentes no IFAM Zona Leste e na reserva Sauim Castanheiras, até a foz de Educandos onde é tributado no Rio Negro. Unido a isto, a crescente extração de grandes volumes de água subterrânea ao longo da BHE tem impactado diretamente no rebaixamento do aquífero em várias zonas, abrindo o caminho ao aparecimento de problemas de estabilidade nos perfis geológicos e também a possibilidade de que águas com certo grau de poluição possam atingir importantes reservas subterrâneas de água potável como o aquífero nas proximidades da BHE.

Este material constitui uma importante fonte de conhecimento para o mundo científico, para o poder público e para a sociedade em geral, pois disponibiliza os resultados de mais de 2 anos de pesquisas, todas estas realizadas como parte da parceria INPA – SAMSUNG, em um projeto de PD&I com financiamento seguindo os requisitos estabelecidos pela lei

de Informática para a Zona Franca de Manaus e, que tem como áreas de pesquisas: hidrologia, meteorologia, climatologia, hidrogeologia e a química ambiental. Portanto, o valor das informações relacionadas aqui é de suma importância, pois as mesmas foram geradas a partir de trabalhos de campo e monitoramento contínuo na BHE e nas reservas do INPA, Adolpho Ducke e Cuieiras, e também, pela execução de um grande número de análises laboratoriais no Laboratório de Química Ambiental do INPA (LQA) com amostras provenientes da coleta de água de chuva, efluentes e de solo em diversas condições. Todas estas informações que incluem modelos climáticos, estudos hidrogeológicos, estudo de quantificação dos tipos de precipitações, estudos de fontes de radiação e calor, caracterização granulométrica de solos e de extratos geológicos, avaliação de parâmetros hidráulicos em solos e igarapés, levantamentos de campo e análises físico-químicas, permitiram o enriquecimento com dados em muitos casos inéditos das bases de informações regionais e, além disto, podem ser ferramentas de grande valia nas predições e análises para desenvolver soluções que tenham como primícias o desenvolvimento limpo e sustentável da região.

Também, podemos destacar que o livro recolhe os resultados relevantes obtidos no desenvolvimento de técnicas de recarga de água no aquífero a partir das experiências obtidas com a implantação do projeto piloto de monitoramento ambiental e recarga em duas localidades. Tudo isto, produzindo uma significativa contribuição em um tema novo para a região e permitindo a ampliação da base de conhecimento científico e tecnológico sobre o tema no âmbito regional e local. Além disso, a disponibilização do grande volume de resultados gerados como parte do projeto IETÉ vai ser um material orientador e fundamental para o desenvolvimento de políticas públicas voltadas ao estabelecimento de uma gestão de recursos hídricos mais focada na proteção, a regulação do uso e, por último, o tratamento adequado antes do retorno aos corpos hídricos receptores. Por conseguinte, os resultados alcançados permitem assegurar a necessidade de contemplar, em qualquer proposta, a integração dos resultados dos sistemas de monitoramento ambiental do projeto, já implantados, com os sistemas para recarga do aquífero que sejam previstos a implantar.

Por último, podemos afirmar que os resultados deste projeto, recolhidos nesta valiosa obra, estão alinhados com a visão da SAMSUNG em matéria de sustentabilidade ***"A Journey Towards a Sustainable Future"*** (Uma jornada rumo ao um futuro sustentável), que aparecem no **Relatório**

de Sustentabilidade 2022[1], da empresa. No mesmo, o reuso de água e o desenvolvimento de tecnologias a ele associadas, encontram-se no topo na matriz de análise de risco e oportunidade, com alta probabilidade de ocorrência e alto impacto no negócio. Além disso, os resultados que esta obra entrega a sociedade, fruto da pareceria INPA-SAMSUNG, estão também perfeitamente em concordância com a abordagem ambiental consciente da SAMSUNG que é citada no relatório de sustentabilidade como: ***"Com base na nossa forte convicção de que o futuro depende do bem-estar do planeta, tomamos uma abordagem ambientalmente consciente do negócio. Esta abordagem se reflete no nosso compromisso de promover a co-prosperidade da humanidade e da natureza e, construir um futuro mais brilhante para o planeta. Nosso compromisso é a força motriz por trás da nossa busca contínua pela sustentabilidade em tudo o que fazemos".***

Fernando Campos de Arruda Junior

Diretor de Operações de
P&D. SAMSUNG ELETRÔNICA DA AMAZÔNIA

1 Disponível em: https://www.samsung.com/global/sustainability/media/pdf/Samsung_Electronics_Sustainability_Report_2022.pdf. Acesso em: 5 abr. 2023

Sumário

Capítulo 1 – Elaboração do Projeto 15
1.1 Motivação e Proposta do Projeto IETÉ 15
1.2 Elaboração do Projeto IETÉ 25
1.3 Modernização do Laboratório de Química Ambiental 44

Capítulo 2 – Instalação da Rede Integrada de Monitoramento 49
2.1 Rede Meteorológica 50
2.2 Rede de Química Ambiental 80
2.3 Rede de Hidrologia 89
2.4 Rede Hidrogeológica 103
2.5 Mapeamento Vegetal 134

Capítulo 3 – Disseminação do Conhecimento Técnico-Científico 151
3.1 Reuniões Técnicas (RT) e Workshop do Projeto IETÉ 151
3.2 Divulgação de Resultados Técnico-Científicos 165

Capítulo 4 – Grupos de Pesquisa 197
4.1 Comitê Científico 197
4.2 Pesquisadores 199
4.3 Técnicos 218
4.4 Administrativo 221

Agradecimentos 225

Glossário 227

Nascente – Bacia Hidrográfica do Educandos. IFAM-ZL – Manaus/AM

Capítulo 1

Elaboração do Projeto

1.1 Motivação e Proposta do Projeto IETÉ

O bioma Amazônia possui uma exuberante floresta tropical, distintas tipologias de rios e águas subterrâneas, de elevada diversidade biológica e influi nos ciclos biogeoquímicos e hidrológicos, com interações no clima do mundo inteiro.

Apresenta uma grande variabilidade espacial e temporal de precipitação, altos índices de radiação solar durante todo o ano e um grande aporte de umidade vindo através dos ventos alísios a partir do oceano Atlântico, contribuindo para o aporte de umidade para as regiões central, sudeste e sul do Brasil. Além destas características, a região abriga diversos aquíferos com dimensões (área e volume de água) significativos, sendo abastecidos continuamente pelas características friáveis dos solos regionais.

Essas especificidades da Amazônia a diferenciam das demais regiões do país, exigindo pesquisas locais para a construção do conhecimento, tendo em vista que a base científica atual foi gerada para regiões fora da Amazônia e que não pode ser aplicada dentro da realidade amazônica. Como por exemplo, o CONAMA, tem a classificação de pH da água com valor de 6,0 a 9,0, que não se enquadra na realidade local onde o pH é mais baixo, entre 3,5 e 5,0, e por isso é fundamental o monitoramento das variáveis físico-químicas locais.

A exploração da água subterrânea tem provocado sérios impactos ao meio ambiente em diversas regiões do mundo. Logo a necessidade de recompor os estoques de água subterrânea, seja para garantir o fornecimento futuro de água, seja para prevenir os problemas causados pela subsidência do solo, tem levado a aplicação de técnicas de utilização de estações de tratamento de efluentes para a recarga artificial de aquíferos.

No Brasil, o esgoto doméstico é geralmente despejado em corpos de água superficiais, quando poderia ser tratado e reaproveitado. Uma das razões para isso é a falta de regulamentação da Resolução do Conselho

Nacional de Recursos Hídricos, nº 54 de 28 de novembro de 2008, que instituiu a prática de reuso direto não potável de água no país. Alguns estados e municípios também vêm promulgando leis nesse sentido, porém, focando apenas na captação e uso de águas pluviais das edificações. Não só a coleta da água de chuva, mas os efluentes gerados pelas ETEs também precisam ser levados em consideração, como ocorre em outros países.

A Amazônia brasileira detém reservas hídricas subterrâneas com volumes consideráveis de água doce disponível, potável, e de fácil acesso, em relação à escala mundial. No entanto, dados mais precisos sobre esta região ainda são escassos, e os que existem são pontuais.

Na cidade de Manaus (AM), grande parte do desenvolvimento é sustentado pela disponibilidade de água subterrânea, apesar de estar à margem dos rios Solimões e Negro. Tal recurso nunca foi tão explorado como nas últimas décadas.

A partir da implantação do Polo Industrial de Manaus (PIM), na Bacia Hidrográfica do Educandos, houve uma intensificação na quantidade de poços tubulares explorando água do aquífero local (de acordo com a base de dados SIAGAS-CPRM) para atender a demanda de usos diversificados, causando depleção do nível de água. Somando-se a isto, têm-se milhares de poços irregulares (sem licenças e/ou outorgas no Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas e sem adequações técnicas de construção), que potencializam ainda mais a explotação de água do aquífero.

As magnitudes dos impactos da redução do nível de água subterrânea ainda não são conhecidas e precisam ser quantificadas através de medidas sistemáticas de variáveis nas diversas áreas do conhecimento correlacionadas, tais como: Hidrogeologia, Meteorologia, Hidrologia e Química Ambiental. Essa questão de sustentabilidade ambiental, que pode ter fortes implicações econômicas ao PIM, fomentou a necessidade de alavancar pesquisas científicas para avaliação de soluções tecnológicas de mitigação dos impactos e de construção do conhecimento necessário para o seu enfrentamento, o que envolveu, pela primeira vez, o debate científico e tecnológico entre uma empresa do PIM e um órgão público de pesquisa cientifica com longa experiência nesse tema.

O Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) – que há quase sete décadas realiza pesquisa, desenvolvimento e inovação tecnológica com base na formação de novos cientistas para aumentar o conhecimento científico da Amazônia, enfrentar os desafios inerentes à

região e desenvolver suas potencialidades – tem aperfeiçoado técnicas e competências, buscando promover aumento do conhecimento através do aprimoramento de soluções e inovações tecnológicas, do monitoramento de longo prazo do clima, da hidrologia e ecologia, e buscando contribuir para o desenvolvimento econômico, a preservação ambiental e a melhoria das condições de vida das pessoas. Sua trajetória é marcada pela confiança mundial e excelência dos resultados disponibilizados, que contribuem com as demandas da sociedade, com a popularização da ciência e tecnologia, com a qualificação de pessoas, com subsídios à formulação de políticas públicas e ações de desenvolvimento sustentável.

Neste contexto, a SEDA-M e o INPA firmaram uma parceria, com o intuito de executar um projeto de pesquisa básica com o bojo relacionado à sustentabilidade dos recursos hídricos. Esta parceria começou a ser desenvolvida em maio de 2018, quando o INPA apresentou a primeira versão do Projeto IETÉ, cujo objetivo proposto era o de implantar uma rede de monitoramento ambiental com focos na gestão de resíduos de efluentes da Bacia Hidrográfica do Educandos (BHE) – Manaus/AM , pelo prazo de 3 (três) anos.

O estabelecimento da parceria era inédito e envolveu por um lado a União, por meio do Ministério da Ciência, Tecnologia, Inovações – MCTI, por intermédio do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, e por outro lado a SAMSUNG Eletrônica da Amazônia Ltda. (SEDA-M), ambas devidamente credenciadas no Comitê das Atividades de Pesquisa e Desenvolvimento (CAPDA), constituindo-se em uma colaboração fundamentada em um termo de cooperação técnico-científica, objetivando a execução de um projeto em PD&I ancorado em um programa de sustentabilidade ambiental da empresa.

Sob essa parceria, foi proposto o Projeto IETÉ, que teve início em meados de 2019 e que se estenderia até 2022, tendo como principal motivação a sustentabilidade hídrica e ambiental da área do PIM – um dos maiores polos industriais do Brasil, que utiliza massivamente água subterrânea há décadas e de maneira indiscriminada. Além disso, este complexo de indústrias promoveu um grande avanço do contingente populacional na BHE, que também utiliza água subterrânea, expondo o aquífero ao rebaixamento do lençol freático e à contaminação antrópica, em virtude de suas intrínsecas características geológicas e hidrogeológicas.

Figura 01: Assinatura do Convênio entre INPA e SAMSUNG, em 15/03/2019. Manaus, AM. Presença da diretora do INPA, Dra. Antônia Maria Ramos Franco Pereira; da Dra. Hillândia Brandão da Cunha, coordenadora de Ações Estratégicas do INPA; da diretora geral da FAEPI, Sra. Maria Etelvina da Silva Leão; do coordenador do Projeto IETÉ, Dr. Márcio Luiz da Silva; do representante da Empresa SAMSUNG – Especialista em P&D, Jorge Átila Damasceno Maia; do vice-coordenador do Projeto IETÉ, Dr. Sávio José Filgueiras Ferreira; do gerente de Meteorologia do Projeto IETÉ, Dr. Luiz Antonio Candido e do gerente executivo da FAEPI: Willamys da Silva Salgado.

O Projeto IETÉ foi elaborado inicialmente com vislumbre de desenvolvimento para um período de 36 meses, estruturado em 3 fases. No decorrer do ano-base 2020, ocorreu um evento imprevisível, não controlável, cujos impactos afetaram diretamente as atividades de monitoramento do projeto, a partir das restrições impostas pela pandemia do novo coronavírus (COVID-19). Por conta disso, houve um replanejamento das atividades internas e externas, envolvendo tanto IETÉ/INPA quanto SEDA-M e demais parceiros do projeto. Assim sendo, a Fase II do projeto IETÉ iniciou-se no mês de abril de 2020, com ajustes no cronograma de execução. As atividades do projeto IETÉ foram ajustadas devido à pandemia do novo coronavírus que no Brasil e em Manaus – AM, ocorreu a partir de março de 2020. Em atendimento às portarias federais (Portaria nº 1.186, de 20 de março de 2020; Portaria nº 1428/2020/SEI-MCTIC de 2 de abril de 2020; Portaria nº 1428/2020/SEI-MCTIC de 27 de abril de 2020; Portaria nº 2.381, de 25 de maio de 2020; Portaria nº 2.858, de 8 de julho de 2020; Portaria nº 3.032, de 31 de julho de

2020) o comitê científico decidiu reduzir o ritmo das subatividades ligadas a coleta de dados em campo (externo) e respectivas análises no laboratório,no entanto sem comprometer as entradas previstas no cronograma do plano de trabalho original, que se mantiveram em "home-office" apenas as atividades de pesquisa ligadas às análises de dados já coletados e da literatura.

Em virtude das atividades de campo e laboratoriais do Projeto IETÉ, previstas tanto nos domínios do INPA como na sede da empresa, terem sido sujeitas a fortes medidas restritivas para a proteção de funcionários, terceirizados, colaboradores, estagiários e estudantes, a fim de evitar contaminação e disseminação do vírus (COVID-19), ficou decidido em comum acordo que a execução das atividades do Projeto IETÉ dentro da área da empresa tornou-se impossibilitada, tendo em vista o alto risco de contágio da COVID-19 e seu caráter imprevisível.

Considerando os elementos anteriores e a necessidade de continuação das atividades planejadas para o segundo ano de execução do Projeto IETÉ, a empresa solicitou a realocação de todas as atividades planejadas em sua sede para as áreas indicadas pelo INPA: a Reserva Biológica do Cuieiras e a Reserva Florestal Adolpho Ducke.

Diante desta situação e do impacto no cronograma do projeto, a SEDA-M propôs ao grupo de pesquisa do Projeto IETÉ um termo aditivo, em que foram considerados e discutidos os efeitos da pandemia, e como resultado foi decidido um acréscimo de 12 meses ao período de execução, distribuídos de forma a contemplar todas as atividades de desenvolvimento e os novos sítios de pesquisa – sítios estes,Reservas do INPA. A proposta de aditivo foi direcionada à Coordenação de Cooperação e Intercâmbio (COCIN-INPA), que avaliou e direcionou-a à Advocacia Geral da União (AGU) para emissão de parecer, logo recebendo o deferimento final.

Assim, a proposta passou pela adoção de iniciativas que permitissem gerar conhecimento científico visando à compensação das perdas hídricas e mitigação de impactos negativos. Na ação inédita entre o INPA e a SEDA-M, também foi proposto o desenvolvimento e avaliação de uma técnica de injeção artificial de água tratada no aquífero, via poço tubular seco.

Para a aplicação da técnica de injeção artificial de água e avaliação de sua eficácia como modelo de tecnologia com potencial de ser adotado no programa de sustentabilidade ambiental da empresa, está sendo rea-

lizado o Projeto IETÉ, envolvendo diferentes áreas temáticas ao longo da Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE.

Existem vários métodos para injeção artificial de água em aquífero, que apresentam diferentes níveis de complexidade na escala de implantação e operação. No cenário da gestão sustentável das águas subterrâneas, é essencial avaliar a eficácia da técnica em termos de capacidade de recarregamento e segurança ambiental. No entanto, a eficácia da injeção artificial de água é difícil de medir diretamente, tendo em vista que esta é influenciada pelo clima, geologia, hidrogeologia, topografia, disponibilidade e qualidade da água da fonte, questões operacionais e de gestão, e também pelas normas regulatórias ambientais e socioeconômicas. O grau de sucesso da aplicação exigirá a conjunção de profissionais de diferentes áreas de Ciência e Tecnologia.

A técnica de injeção artificial se baseará na utilização de água tratada a partir de ETEE, com verificação de controle de qualidade via análises físicas, físico-químicas, químicas e bacteriológicas, realizadas no Laboratório de Química Ambiental – LQA do INPA, atendendo as normas da legislação vigente.

A injeção de água no aquífero local ainda não foi implementada e avaliada pelas entidades de ciência e tecnologia do Estado do Amazonas, fato corroborado por manifesto do Instituto de Proteção Ambiental do Estado do Amazonas – IPAAM. Por conseguinte, seu desenvolvimento trará benefícios ambientais à região, no sentido da preservação e gestão dos recursos hídricos, assim como sua sustentabilidade presente e futura. O desenvolvimento dessa técnica possibilitará uma maneira de mensurar o quantitativo e a capacidade de recarga de água do aquífero, utilizado há dezenas de anos por empresas instaladas no Distrito Industrial de Manaus. Outra característica inovadora do projeto é a criação da rede de monitoramento ambiental numa Bacia Hidrográfica Urbana, inédita na região, quiçá, no país.

O projeto contribuirá para o estabelecimento de medidas de uso e manejo do recurso visando à sustentabilidade do uso da água (segurança hídrica), em que o INPA será pioneiro nessa técnica, e na garantia da disponibilidade hídrica em quantidade e qualidade para suprir as demandas de usos múltiplos dentro de uma visão de desenvolvimento sustentável.

A rede de monitoramento integrado, proposta pelo Projeto IETÉ, ainda proporcionará a capacitação de recursos humanos, integração com instituições de pesquisa e fornecerá subsídios para tomadas de decisões

dos órgãos de controle. Com isso, o projeto busca formar jovens pesquisadores a partir da inclusão de projetos de capacitação em diferentes modalidades, como Iniciação Científica, Mestrado, Doutorado e Pós-doutorado.

Quanto à enquadrabilidade, o projeto se insere no Decreto nº 10.521, de 15 de outubro de 2020 que regulamenta o § 6º do art. 7º do Decreto-Lei nº 288, de 28 de fevereiro de 1967, e o art. 2º da Lei nº 8.387, de 30 de dezembro de 1991, que tratam do benefício fiscal concedido às empresas que produzem bens e serviços do setor de tecnologia da informação e de comunicação na Zona Franca de Manaus e que investem em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Amazônia Ocidental ou no Estado do Amapá. Do Campo de Abrangência, Art. 1º – As empresas que investem em atividades de pesquisa, desenvolvimento e inovação na Amazônia Ocidental e no Estado do Amapá poderão pleitear isenção do Imposto sobre Produtos Industrializados – IPI e redução do Imposto sobre Importação – II para bens e serviços de tecnologia da informação e comunicação, nos termos do disposto neste Decreto.

IFAM CMDI

Em maio de 2019, parte do comitê científico do Projeto IETÉ apresentou o projeto para os discentes e docentes do IFAM CMDI, contando com a presença do diretor da instituição, professor Nivaldo (Figura 02).

Figura 02: Apresentação do projeto IETÉ, no IFAM CMDI.

Após a apresentação, o comitê e representantes da SAMSUNG reuniram-se com a direção da instituição para analisar possíveis parcerias posteriores. Nessa data ficaram definidas as seguintes ações:

- Disseminar à toda a comunidade do IFAM CMDI as informações e a importância do Projeto IETÉ.
- Intercâmbio entre SAMSUNG, INPA e comunidade do IFAM CMDI.
- Criar um cronograma preliminar de atividades para definir a interação entre INPA e IFAM, baseado nas macro atividades previstas no plano de trabalho do projeto.
- Avaliar a possibilidade de parcerias entre as instituições INPA e IFAM para o curso de Pós-graduação Lato Sensu em Gestão de Meio Ambiente e suas Tecnologias, com ênfase em Sustentabilidade Hídrica em Área Urbana.

I Encontro dos bolsistas do Projeto IETÉ

Em julho de 2019, foi realizado o I Encontro dos Bolsistas do Projeto IETÉ (Figura 03), com o objetivo de apresentação por parte das subcoordenações de suas equipes de trabalho e orientações diversas por parte da gerência operacional, e alinhamento em relação aos relatórios e planos de trabalho.

Figura 03: Participantes do I Encontro de Bolsistas do Projeto IETÉ – INPA.

IPAAM

Em julho de 2019, foi realizado no Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM, um encontro com os membros do projeto IETÉ, SAMSUNG, vice-diretora do INPA, gerente de Recursos Minerais do IPAAM, representantes da Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais – CPRM, Universidade do Estado do Amazonas – UEA, Secretaria de Estado do Meio Ambiente – SEMA, Gerência de Recursos Hídricos do IPAAM – GERH/IPAAM, Defesa Civil e Gerência de Licenciamento Industrial – GELI/IPAAM, para apresentação do Projeto IETÉ (Figura 04).

Figura 04: Apresentação do Projeto no Instituto de Proteção Ambiental do Amazonas – IPAAM, com a presença da Vice-diretora do INPA e membros da SAMSUNG, do IETÉ, da UEA e participantes do IPAAM e Secretarias.

Programa LBA/INPA

Em outubro de 2019, o Comitê Científico IETÉ participou da Reunião Científica Anual do Programa LBA (Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia) presidido pelo pesquisador e físico Dr. Paulo Artaxo (USP/Instituto de Física) juntamente com outros sete membros, na sala de reuniões da Diretoria do INPA. Após reunião de apresentação, o Projeto IETÉ foi aprovado pelos membros do Comitê Científico LBA e passou a fazer parte dos 16 projetos em andamento do Programa (Figura 05).

Figura 05: Apresentação do projeto na Reunião Científica Anual do Programa LBA (Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera na Amazônia).

Dra. Hillândia Cunha, que representava a Diretoria do INPA nesta reunião, informou que o Projeto IETÉ é o primeiro projeto privado do INPA e é resultado de 5 anos de negociações e planejamento com a empresa interessada. Destacou que trata-se de um projeto que, além de gerar produtos, estava formando pessoal na área de pesquisa. O formato do projeto também estaria possibilitando a contratação de profissionais na área de Hidrogeologia para complementar os estudos da pesquisa. E, por fim, citou: "o Projeto IETÉ é um tripé onde Empresa, Sociedade e Instituição De Pesquisa trabalham juntos por um bem comum".

MCTIC/INPA

Em fevereiro de 2020, ocorreu no auditório da Diretoria do INPA reunião que contou com a presença do Subsecretário de Unidades Vinculadas do MCTIC, Dr. Gerson Nogueira Machado de Oliveira e Dr. Fábio Sahm Paggiaro (Figura 06).

Figura 06: Apresentação do projeto IETÉ aos membros do MCTIC e INPA.

1.2 Elaboração do Projeto IETÉ

A cidade de Manaus (AM) está localizada sobre o aquífero Alter do Chão, friável, não confinado (sem proteção natural) a semiconfinado, que sustenta as atividades industriais do PIM, localizado na Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE. Nessa Bacia Hidrográfica, várias indústrias utilizam grande quantidade de água nas suas atividades. Em geral, após o tratamento de seus efluentes, lançam essas águas aos cursos superficiais (Igarapés), atualmente poluídos, o que acarreta um desperdício tanto de recursos quanto do volume de água tratada que poderiam ser utilizados na recuperação do estoque de água do aquífero.

A Bacia Hidrográfica do Educandos está inserida na área urbana do município e tem como o seu curso d'água principal o Igarapé do Quarenta. A área da bacia hidrográfica do Educandos é de 46,14 km^2, com perímetro de 48,11 km, correspondendo à 10,22% do total do perímetro urbano, com

22 bairros, dos quais 14 estão totalmente inseridos na bacia (NOGUEIRA et al., 2015).

O fluxograma da Figura 07 apresenta a estrutura de funcionamento da rede de pesquisa integrada do Projeto IETÉ. Esta rede tem como fundamento a coleta de informações inéditas e visa aplicar técnicas de coleta de dados por meio de amostragens, medidas e análises realizadas em campo e em laboratório, contemplando atividades de- características multidisciplinares e interdisciplinares.

A rede integrada de monitoramento ambiental do Projeto IETÉ está voltada à sustentabilidade dos recursos hídricos envolvendo diversas disciplinas, como Meteorologia, Hidrologia, Química ambiental, Hidrogeologia e Mapeamento Vegetal para subsidiar a tecnologia de injeção artificial de água no aquífero regional a partir do uso de diferentes técnicas e instrumentos de medições (Figura 07).

Esta rede visa desenvolver estudos conectados da disponibilidade e qualidade das águas superficiais e subterrâneas, envolvendo as características e feições geológicas do aquífero e a dinâmica dos elementos climáticos, em áreas de preservação natural e urbanizadas. Como resultado, já estão sendo mensurados os impactos da explotação do aquífero e da urbanização, nos processos de recarga da água subterrânea, no escoamento superficial, na disponibilidade e qualidade da água e nos elementos do clima na BHE, ressaltando a importância da preservação e manutenção das áreas vegetadas para o equilíbrio do ecossistema.

Figura 07: Fluxograma das atividades do Projeto IETÉ.

Em suma, as pesquisas estão sendo desenvolvidas em diversos sítios no município de Manaus (Figura 08), especificamente, abrangendo áreas de florestas secundárias (Floresta do IFAM e Reserva Sauim Castanheiras) e antropizadas, circunscritas na Bacia Hidrográfica do Educandos (Figura 09) e no Bosque da Ciência do INPA (incluindo Campus I e II do INPA) (Figura 10). As pesquisas têm ainda como áreas de referência as Reservas Florestais do INPA: Adolpho Ducke (Figura 11) e Cuieras (Figura 12).

O Projeto IETÉ será pioneiro na busca por alternativas científicas, tecnológicas e inovadoras (adequadas, legais e seguras) para compensar o meio ambiente hídrico da BHE, mesmo que parcialmente. Para isto, fornece diagnósticos ambientais, subsidiando monitoramento contínuo e sistemático por diversos parâmetros ambientais (p.ex.: quantidade de chuva, nível do lençol freático, vazão e disponibilidade de água do aquífero, diagnóstico químico das águas) que servirão de base para concepção, avaliação e validação de uma técnica de injeção artificial de água.

Figura 08: Sítios de pesquisa do Projeto IETÉ, no município de Manaus – AM. Composição de Imagem: Google Earth Pro, 2022.

Figura 09: Sítio de pesquisa: Bacia Hidrográfica do Educandos. Composição de Imagem: Google Earth Pro, 2022.

Figura 10: Sítios de pesquisa: Campus I e II do INPA. Composição de Imagem: Google Earth Pro, 2022.

Figura 11: Sítio de pesquisa: Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA. Composição de Imagem: Google Earth Pro, 2022.

Figura 12: Sítio de pesquisa: Reserva Biológica do Cuieiras – INPA. Composição de Imagem: Google Earth Pro, 2022.

No INPA, o projeto está sendo desenvolvido na Coordenação de Dinâmica Ambiental (CODAM) com o apoio das equipes do Laboratório de Química Ambiental (análises químicas, sedimentológica, microbiológica, geológica, hidrogeológica) e do Laboratório de Modelagem Climática. O projeto está registrado no diretório de pesquisa do Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), com participação do INPA e SEDA-M. Os pesquisadores/coordenadores atuantes nesses laboratórios estão credenciados no diretório dos grupos de pesquisas do CNPq: RHANIA e Modelagem Meteorológica do Amazonas (Figura 13 e 14).

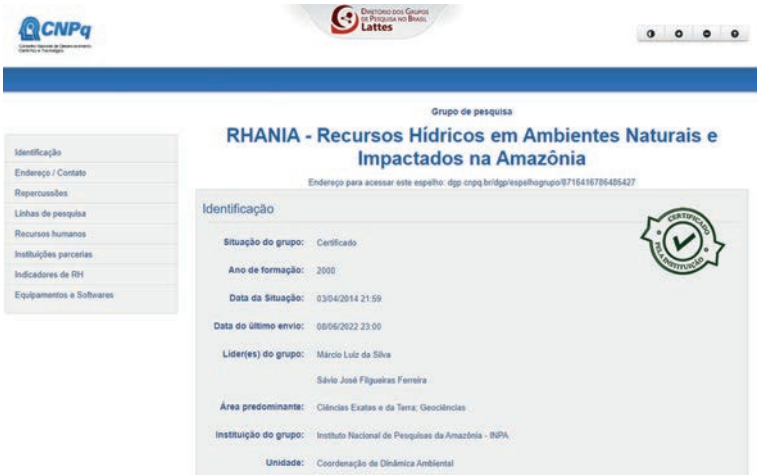


Figura 13: Diretório do grupo de Pesquisa RHANIA no CNPq – certificado pelo INPA.

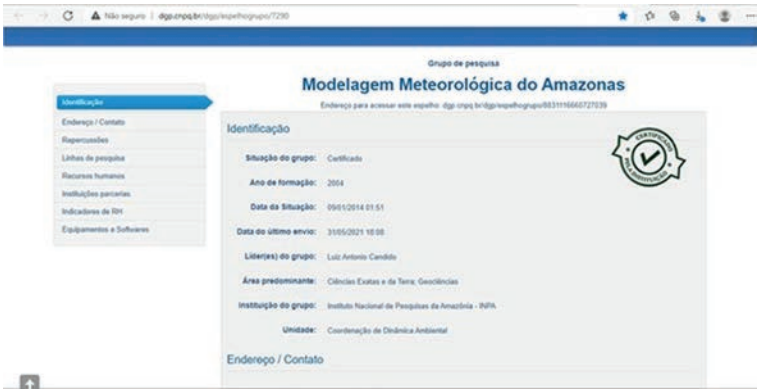


Figura 14: Diretório do grupo de Pesquisa Modelagem Meteorológica do Amazonas no CNPq – certificado pelo INPA.

De forma geral, o Projeto IETÉ apresenta-se em 3 fases gerais, distribuídas em 5 atividades de desenvolvimento, para um período de 48 meses. Na Fase I (12 meses de desenvolvimento), foi realizada a implantação do projeto piloto de monitoramento dos sistemas artificiais da recarga do aquífero, na Fase II (18 meses de desenvolvimento) a ampliação e consolidação do sistema e na Fase III (18 meses de desenvolvimento) o monitoramento do sistema ao longo da Bacia Hidrológica do Educandos (Figura 15).

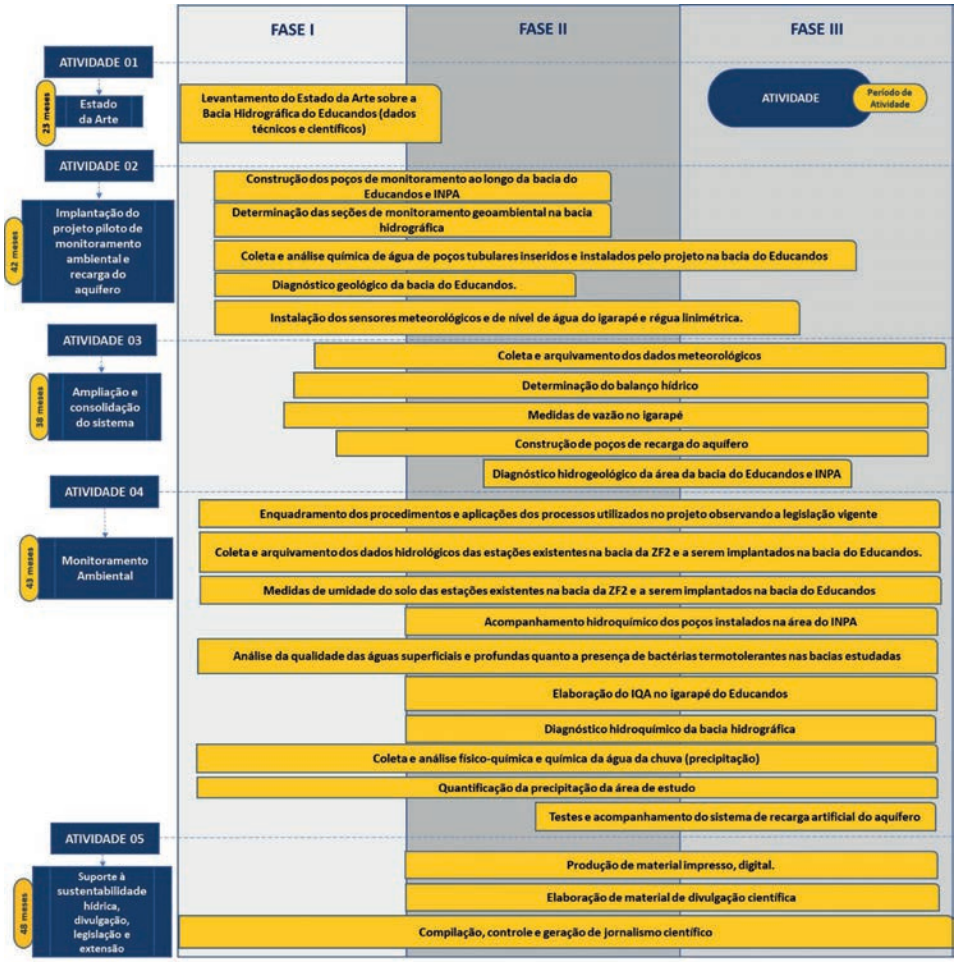


Figura 15: Descrição de atividades e fases de desenvolvimento do Projeto IETÉ.

O Projeto IETÉ tem como objetivos específicos:

- Produzir um diagnóstico ambiental para subsidiar a estruturação da Rede de Monitoramento Ambiental – IETÉ;
- Realizar monitoramento ambiental (do clima, das variáveis hidrológicas superficiais e subterrâneas e química ambiental), na área da Bacia Hidrográfica do Educandos e das reservas de pesquisas do INPA, considerando diferentes períodos do ciclo hidrológico;
- Desenvolver e validar um protótipo de sistema de recarga artificial de água subterrânea utilizando efluentes tratados;
- Comparar as taxas de recarga artificial (o efeito, o comportamento e a efetividade) na área da Bacia Hidrográfica do Educandos,

a partir das taxas obtidas na pesquisa sitiadas nas reservas do INPA (áreas de controle);

- Determinar as propriedades intrínsecas ao aquífero (hidrogeológicas e hidrológicas) nas áreas de estudo relacionadas a exploração da água subterrânea;
- Estimar o volume de água que pode ser devolvido ao aquífero a partir da técnica de injeção artificial e avaliar os efeitos na qualidade da água injetada;
- Apresentar à comunidade civil e técnico-científica os resultados e publicações e fornecer informações e subsídios à atualização da legislação ambiental vigente, a níveis federal, estadual e municipal.

E como escopo:

- Avaliar a possibilidade de injeção de água ao aquífero local e proporcionar, com indicadores lógicos e precisos, previsões de ações para monitoramento ambiental nos processos estabelecidos, visando o conhecimento científico e a sustentabilidade de recursos naturais.

O Projeto IETÉ se configura como um projeto de pesquisa básica que apresenta vários desafios e riscos (incertezas técnico-científicas), objetivando o monitoramento de uma determinada Bacia Hidrográfica Urbana e a avaliação de uma técnica de injeção de água para recomposição do aquífero Alter do Chão. Para a realização dessa técnica, é necessário obter um conjunto de dados científicos englobando as áreas de Meteorologia, Hidrologia, Química Ambiental e Hidrogeologia,a partir da implantação de uma rede de monitoramento.

A rede de monitoramento ambiental é inédita na região, quiçá no Brasil e foi estruturada de maneira integrada, tendo como finalidade a avaliação do impacto antrópico em uma bacia urbana com uso indiscriminado e contaminação dos recursos hídricos. Outro desafio é que o uso exagerado da água subterrânea causa alteração significativa no ciclo de flutuação do lençol freático. O ciclo hidrológico compreende parâmetros complexos, principalmente meteorológicos, cujos estudos sobre a influência das mudanças da cidade de Manaus provocadas pela urbanização, ainda são poucos.

A impermeabilização do solo no processo de urbanização altera as características da recarga natural do aquífero e também as perdas pelo

processo de transpiração e evaporação. Portanto, a implantação da rede tem o desafio de monitorar esses ambientes e quantificar esses impactos.

Considerando a intensidade do desafio, tem-se, de forma geral, a validação de um sistema de injeção de água ambientalmente compatível, eficiente, de baixo impacto, seguro, que vise a sustentabilidade do recurso hídrico subterrâneo e por conseguinte, a sustentabilidade econômica. O desenvolvimento da técnica de injeção artificial de água requer validação através de medidas em áreas naturais utilizando as mesmas metodologias aplicadas nas áreas antropizadas. A prototipagem do sistema leva em consideração a viabilidade técnica, a segurança hídrica e a sua replicação com baixo impacto ambiental.

A integração dessa rede de monitoramento explicita sua própria intensidade, dimensionando os desafios inerentes ao projeto proposto. É fundamentado no trabalho experimental e teórico e na construção de novos conhecimentos que vão dar suporte ao entendimento dos fenômenos observados de caráter multi e interdisciplinar, e a base técnico-científica para a execução da técnica de injeção de água no aquífero.

Um dos maiores desafios do Projeto IETÉ é realizar pesquisa em uma bacia hidrográfica antropizada, onde constam inúmeros fatores negativos, como lançamento de rejeitos industriais e domésticos nos igarapés, interferência física (por exemplo, dragagem e retirada da mata ciliar) na calha da bacia, que influenciam as diversas variáveis que vêm sendo monitoradas. Portanto, há necessidade de caracterização das variáveis relacionadas ao ciclo hidrológico anual, dentre elas, o acompanhamento da flutuação do lençol freático, da vazão no canal principal do igarapé e da precipitação, por exemplo.

Considerando a natureza da pesquisa básica, o Projeto IETÉ tem as seguintes hipóteses:

- O protótipo de injeção artificial é capaz de promover compensação da água extraída do estoque subterrâneo;
- O processo de injeção artificial de água de efluente (tratada) não altera as características originais da água subterrânea.

O Projeto IETÉ, em sua Fase II (nos anos-base de 2020/2021) alcançou a etapa de delineamento do processo de injeção de água no aquífero, em ambientes específicos (sem interferência humana e outra com interferência humana). Os testes foram sequenciais em ambientes natural e antrópico,utilizando os protótipos dos poços de injeção e de monitoramento.

Atualmente, as pesquisas estão gerando informações quantitativas sobre o potencial de poços de pequenas escalas, em um sistema contínuo de recarga do aquífero, que se aproxima do ambiente natural (percolação/autodepuração), através de *n* variáveis. Serão aplicados testes estatísticos, correlações, modelos e validações das componentes: atmosféricas, subterrânea e superficial, para verificar as condicionantes e viabilidade do processo de injeção de água de forma segura, sustentável e de baixo impacto ambiental.

Quanto ao grau de novidade, têm-se as seguintes considerações:

A técnica para injeção de água no aquífero local nunca foi avaliada ou implementada pelas entidades de Ciência e Tecnologia do Estado do Amazonas. Assim, o desenvolvimento dessa técnica numa bacia hidrográfica local possibilitará uma maneira de mensurar o potencial quantitativo de recarga e avaliar a capacidade de autodepuração de água do aquífero, utilizado há dezenas de anos por empresas instaladas no Polo Industrial de Manaus. Tudo isto com o subsídio de importantes informações advindas a partir do desenvolvimento de um ambiente de pesquisa inédito na região, é formado por uma rede de monitoramento ambiental numa bacia hidrográfica urbana.

Seu desenvolvimento trará benefícios ambientais à região, em relação à preservação e gestão dos recursos hídricos, assim como sua sustentabilidade presente e futura. O desenvolvimento dessa técnica possibilitará uma maneira de mensurar o quantitativo e a capacidade de recarga de água do aquífero, utilizado há dezenas de anos por moradores e empresas instaladas no Distrito Industrial de Manaus. Outra característica inovadora do projeto é a criação da rede de monitoramento ambiental numa bacia hidrográfica urbana, inédita na região. O projeto contribuirá para o estabelecimento de medidas de uso e manejo do recurso visando à sustentabilidade do uso da água, com uso pioneiro dessa técnica.

Ainda, as pesquisas realizadas possibilitarão o estudo de forma sistemática das múltiplas variáveis abrangendo diferentes áreas, estabelecendo relações e dependências entre as mesmas. Trata-se de uma importante ferramenta de conhecimento da realidade local, na composição de bases de dados para o desenvolvimento de modelos físicos envolvendo áreas naturais e impactadas, associadas a diversos usos do solo e suas influências na hidrologia superficial e subterrânea.

O projeto contribuirá para o estabelecimento de medidas de uso e manejo do recurso hídrico subterrâneo e para a redução da carga polui-

dora em rios e igarapés, em que a empresa SAMSUNG será pioneira nesta técnica. Inerente aos desafios, surgirão oportunas publicações científicas e técnicas, assim como extensivas participações de pesquisadores(incluindo bolsistas da UFAM, UEA, IFAM, CNPq, FAPEAM, FAPESP, etc.).

O Projeto IETÉ foi dividido em etapas (fases)para organização e planejamento de todo trabalho realizado no período proposto.

FASE I: Nesta fase foi realizada a implantação do projeto piloto de monitoramento dos sistemas artificiais da recarga do aquífero, que consta dos seguintes subtópicos (12 meses):

1. Diagnóstico ambiental da área de estudo através de visitas de campo;
2. Definição dos pontos de monitoramento hidrológicos e meteorológicos;
3. Definição da área para instalação dos poços de monitoramento;
4. Construção dos poços ao longo da bacia do Educandos, na sede do INPA e em suas Reservas de Pesquisa;
5. Determinação das seções de monitoramento geoambiental na Bacia Hidrográfica do Educandos;
6. Levantamento de informações de dados construtivos de poços tubulares na Bacia do Educandos;
7. Coletas e análises químicas da água dos poços tubulares inseridos e instalados pelo projeto na Bacia do Educandos;
8. Diagnóstico geológico da Bacia do Educandos;
9. Levantamento de espécies vegetais na Bacia hidrográfica do Educandos;
10. Instalação dos sensores meteorológicos e de nível de água do igarapé, e régua linimétrica na bacia do Educandos;

FASE II: Nesta fase foi realizada a ampliação e consolidação do sistema, que consta dos seguintes subtópicos (18 meses):

1. Coleta e arquivamento de dados meteorológicos;
2. Determinação do balanço hídrico (avaliação e quantificação da disponibilidade de água superficial na bacia);
3. Medidas de vazão no igarapé (instalação das estações hidrológicas);

4. Diagnóstico hidrogeológico da área de instalação dos sistemas de recarga;
5. Construção de poços de recarga do aquífero no INPA (pré-análises físico-químicas do solo, aplicação do método de recarga na zona não saturada, instalação dos sensores de monitoramento do aquífero).

FASE III: Consta do monitoramento do sistema ao longo da Bacia do Educandos (12 meses), que contempla os seguintes tópicos:

1. Enquadramento dos procedimentos e aplicações dos processos utilizados no projeto, observando a legislação vigente;
2. Coleta e arquivamento de dados hidrológicos das estações existentes na Bacia da ZF2 e a serem implantadas na Bacia do Educandos (monitoramento das condições hidrológicas, afluente/aquífero, em períodos sazonais);
3. Medidas de umidade do solo das estações existentes na Bacia da ZF2 e a serem implantadas na Bacia do Educandos;
4. Acompanhamento hidroquímico dos poços de monitoramento;
5. Análise da qualidade das águas superficiais e profundas quanto a presença de bactérias termotolerantes nas bacias estudadas;
6. Elaboração do IQA no Igarapé do Educandos;
7. Diagnóstico hidroquímico da bacia hidrográfica;
8. Coleta e análise físico-química da água da chuva (precipitação);
9. Quantificação da precipitação na área de estudo;
10. Testes e acompanhamento do sistema de recarga artificial do aquífero (determinação da taxa de infiltração do poço de recarga, determinação da qualidade da água, relatório da viabilidade do sistema).

Lançamento do Projeto IETÉ

O lançamento do Projeto IETÉ ocorreu com a presença de autoridades e representantes (Figura 16). Composição da mesa: o coordenador do Projeto IETÉ, pesquisador Dr. Márcio Luiz da Silva; a Diretora do INPA, Dra. Antônia Maria Ramos Franco Pereira; o representante da reitoria do Instituto Federal do Amazonas (IFAM), Diretor de Gestão Acadêmica do IFAM, Sr. Everton Moura Arruda; o representante da Prefeitura Municipal de Manaus, a Subsecretária Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade,

Sra. Aldenira Rodrigues Queiroz; o representante da Empresa SAMSUNG, o Gerente de Projetos, Sr. Eteocles Silva; o representante do EHS – SAMSUNG e Gerente de Saúde, Segurança e Meio Ambiente, Sr. Ricardo Antonio Turenko Beça.

Também estiveram presentes as seguintes autoridades: o Diretor do IFAM (CMZL), Prof. Dr. Jaime Cavalcante Alves; o Diretor do IFAM (CMDI), Prof. Dr. Nivaldo Rodrigues e Silva; representando o presidente do IPAAM, o Sr. Sérgio Martins, gerente de Recursos Hídricos; a diretora da FAEPI, Sra. Maria Etelvina Leão; representante da Defesa Civil Estadual, a Sra. Gisely Pereira de Souza; o representante da SEMA, MSc. Isaías Nascimento; e a Sra. Regina Lee, Gerente de Relações Institucionais da SAMSUNG.

Figura 16: Lançamento do Projeto IETÉ. Anfiteatro do INPA – Manaus, 09/12/2019.

Comitê Gestor Externo do Projeto IETÉ

A diretora do INPA anunciou a criação do Comitê Gestor Externo do Projeto IETÉ, através da portaria n° 227/2019, na data de 06/12/2019 (Anexo C).

Visitas para diagnóstico técnico-científico das áreas de monitoramento

IFAM da Zona Leste (CMLZ)

Em junho de 2019, os pesquisadores do Projeto IETÉ estiveram no IFAM – ZL e, juntamente com o Professor Edmilson Lima (IFAM), visitaram as áreas para escolha dos pontos onde seriam implementadas as atividades do projeto. A equipe visitou as áreas do IFAM e cada Coordenação teve a oportunidade de fazer o reconhecimento local e verificar o melhor ponto para instalação de seu experimento (Figuras 17 e 18).

Figura 17: Visita técnica dos membros do Projeto IETÉ à área da nascente do Igarapé do Quarenta (Bacia Hidrográfica do Educandos) no IFAM (CMZL).

Figura 18: Escolha do primeiro ponto de monitoramento (nascente do Igarapé) na área do IFAM (CMZL).

IFAM DISTRITO INDUSTRIAL (CMDI)

Foram realizadas visitas ao IFAM CMDI, para primeiro contato com o Diretor da instituição. Nesta ocasião, algumas ações foram propostas em relação ao projeto, conforme relação abaixo:

- Avaliar a validade do Termo de Cooperação;
- Investigar a existência de algum poço artesiano desativado na Instituição ou avaliar a possibilidade de furar um novo;
- Desenvolver um grupo de trabalho para monitoramento aéreo via drone;
- Avaliar o local para instalação dos equipamentos e sensores meteorológicos e sensores de monitoramento de nível d´água;
- Avaliar a área para perfuração de poço tubular caso necessário;
- Levantamento/análise do projeto do poço tubular atual;
- Investigar se o Igarapé da Vovó pode contribuir no projeto macro.

Em junho de 2019, os pesquisadores do Projeto IETÉ visitaram o IFAM – DI e se reuniram com o Diretor do Campus, Nivaldo Rodrigues e Silva, para reconhecimento da área e escolha dos pontos de coleta nesta instituição (Figura 19).

Figura 19: Visita técnica dos membros do Projeto IETÉ à área do IFAM (CMDI).

Na área do IFAM (CMDI) foi realizada visita à nascente do "Igarapé da Vovó" e foram escolhido dois pontos para instalação de bases de monitoramento e coleta de água (Figura 20).

Figura 20: "Igarapé da Vovó" – IFAM (CMDI).

Reserva Biológica do Cuieiras – ZF2/INPA

Em junho de 2019 foi realizada visita técnica na Reserva Biológica do Cuieiras – ZF2/INPA para apresentação ao membro da SAMSUNG das atividades desenvolvidas na Microbacia do Igarapé Açu, que serve de área controle para o projeto (Figura 21).

Figura 21: Visita técnica à base do programa LBA/INPA – ZF2, área controle.

Na oportunidade, foram apresentados vários equipamentos de monitoramento contínuo já instalados na reserva. Além dos piezômetros e pluviômetros, foi exposto também o poço profundo (15 m) onde estão instalados TDRs para monitoramento da umidade do solo e a torre de 54 m onde estão instalados equipamentos micrometeorológicos (Figura 22).

Figura 22: Visita à torre da k34 (54 m) – Reserva Biológica do Cuieiras – INPA.

Lago do INPA

A equipe de hidrogeologia fez sua segunda visita ao Lago do INPA (Figura 23) e à Estação de Tratamento de Esgoto Ecológica – ETEE, para avaliação técnico-científica da área.

(A) (B)

Figura 23: Um dos pontos onde serão realizadas pesquisas pela equipe do projeto IETÉ: Lago Amazônico (A) e ETEE (B) do INPA.

1.3 Modernização do Laboratório de Química Ambiental

No dia 26 de outubro de 2021, ocorreu a Inauguração do Laboratório de Química Ambiental, pela diretora do INPA, Dra. Antônia Franco, pelo diretor da SRBR/SAMSUNG, Mr. Lucas Kim, pela Sênior Professional – Management Group – SEDA(P)-M, Regina Lee, e pelo representante da SUFRAMA, Sr. Igor Bahia (Figura 24 e Figura 25). O coordenador do projeto e pesquisador do INPA, Dr. Márcio Luiz da Silva, deu início a cerimônia, seguido pelo Diretor da SRBR/SAMSUNG, Mr. Lucas Kim e da Diretora INPA, Dra. Antônia Franco (Figura 26). O evento realizado presencialmente contou com a participação de várias autoridades locais (SUFRAMA, Defesa Civil Estadual e Municipal, Reitoria do IFAM, FAEPI e SAMSUNG) e bolsistas do projeto (Figura 26).

O laboratório foi modernizado com recursos oriundos do Projeto IETÉ, localizado no Campus I, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA.

Figura 24: Inauguração do Laboratório de Química Ambiental/IETÉ/INPA. Fonte: ASCOM INPA.

Figura 25: Comitiva visitando as salas do laboratório: Pedro Sosa, Joaquim Santos, Terezinha Monteiro, Sávio Ferreira, Hillândia Cunha, Lucas Kim, Márcio Luiz da Silva, Igor Bahia, Regina Lee, Antônia Franco e Elaine Freitas.

Figura 26: Abertura do II Workshop do Projeto IETÉ com a fala do Dr. Márcio da Silva, do diretor da SRBR/SAMSUNG, Mr. Lucas Kim e da diretora INPA, Dra. Antônia Franco.

Figura 27: Reitoria do IFAM, representado pelo diretor de gestão acadêmica do IFAM (Waldomiro dos Santos), gerência do Projeto IETÉ (Dra. Terezinha Monteiro), da FAEPI (Diretora Ana Maria), Defesa Civil Municipal (Cel. Fernando Júnior) e da SUFRAMA (Sr. Igor Bahia).

Igarapé Açu – Reserva Biológica do Cuieiras – INPA.

Capítulo 2

Instalação da Rede Integrada de Monitoramento

O Projeto IETÉ, através de seu pioneirismo, foi desenvolvido no intuito de buscar alternativas científicas e tecnológicas (adequadas, legais e seguras) para compensar o meio ambiente hídrico, mesmo que parcialmente, com o retorno de água explotada do aquífero.

Neste sentido, o Projeto encontrou barreiras técnicas (pelo pioneirismo dos objetivos) e legais (pela inexistência da iniciativa tecnológica e científica) que foram, responsavelmente, identificadas e trabalhadas na busca do entendimento técnico-científico e propositivo.

A atividade de implantação do projeto piloto de monitoramento ambiental e recarga do aquífero foi essencial para o desenvolvimento da rede de monitoramento ambiental e implantação da técnica de injeção de água no aquífero, visando a sustentabilidade dos recursos hídricos na Bacia Hidrográfica do Educandos. Com os resultados obtidos na etapa de monitoramento, foi possível avaliar a possibilidade de recarga segura do aquífero, garantindo que as características do ambiente fossem mantidas, considerando as diversas áreas monitoradas.

Os estudos de base para o diagnóstico ambiental dessa bacia envolveram profissionais de diferentes áreas, como: Química, Geologia, Hidrologia, Hidrogeologia, Meteorologia e Mapeamento Vegetal. Essa multidisciplinaridade foi responsável por promover o conhecimento necessário para os resultados desses estudos que ajudaram não só na descrição, como na análise da situação atual da área de estudo.

Foram realizadas visitas à área a jusante da bacia hidrográfica para prospecção de instalação de equipamentos, visitas de reconhecimento a área do Bosque da Ciência e verificação do local de instalação da estação meteorológica. Também ocorreram excursões para coleta de água superficial e avaliação dos locais de coleta. Algumas das equipes coordenadas por pesquisadores dessas diferentes áreas atuaram em conjunto nas excursões à campo para diagnóstico ambiental. Coordenador teve sua própria metodologia aplicada para análise

Estas visitas iniciais de reconhecimento (algumas com coletas preliminares) permitiram a definição de pontos que representam setores da bacia hidrográfica. Todas as atividades foram realizadas em atendimento à legislação e avaliação de possíveis enquadramentos presentes para os recursos hídricos, tanto do ponto de vista da água superficial quanto subterrânea.

2.1 Rede Meteorológica

O diagnóstico ambiental dos elementos meteorológicos utilizou dados históricos de estações de superfície existentes na área da Bacia Hidrográfica do Educandos e que indicavam a evolução temporal da precipitação e temperatura do ar no passado. Esses dados serviram de base para os valores atuais dos elementos obtidos com as medidas das estações meteorológicas em implantação no projeto referido.

A rede de monitoramento foi composta por 10 estações meteorológicas (modelo RX3000 – HOBO), equipadas com sensores de radiação solar, velocidade e direção do vento, temperatura e umidade do ar, pressão atmosférica, além de temperatura e umidade do solo e, alguns locais.

Antes da instalação, os sensores foram montados, calibrados e o controle de qualidade dos dados foi verificado, contra as medidas utilizando sensores de referência de padrão internacional.

Foram instalados sensores e estações meteorológicas em uma área provisória no INPA (Figura 28). Todos os sensores foram verificados, assim como a transmissão de dados.

Figura 28: Montagem e verificação dos sensores meteorológicos no Campus I do INPA.

Esta atividade foi realizada entre 01 de fevereiro de 2020 e 30 de junho de 2021 e utilizou a infraestrutura do Laboratório de Modelagem Climática do INPA.

As torres com estações meteorológicas foram instaladas utilizando hastes de até 6 metros de altura, acima dos containers ou acima do topo do telhado dos prédios, dependendo do local monitorado. O objetivo de estruturar a rede meteorológica se baseou-se em fatores que foram considerados na definição e configuração do sistema. Na concepção, critérios de operação, manutenção, solução tecnológica adequada às condições locais, acurácia dos sensores e sistema de comunicação foram considerados. Além disso, fatores como disponibilidade de infraestrutura de instalação, sistema de armazenamento de dados, ferramentas de compilação, frequência de registros, funcionalidade de alertas e relatórios, e derivação de subprodutos foram considerados, visando dispor uma rede versátil de dados para apoio às demais áreas de pesquisa do projeto.

Os dados meteorológicos foram transmitidos via sistema GSM, armazenados em uma plataforma digital online, com cópia enviada à servidora local de dados do projeto continuamente no tempo e atualizadas no sistema de visualização a cada 10 minutos. O tratamento e apresentação dos dados foi realizado utilizando os softwares da Plataforma Hobolink, HOBOware Pro e programas em linguagem Python e Fortran, desenvolvidos pela equipe de meteorologia.

Os resultados foram analisados através de índices estatísticos (médias, desvios padrão e totais), horários, diários e mensais dos parâmetros meteorológicos de cada local e na comparação entre locais. Estes dados foram utilizados também nos estudos de desenvolvimento e calibração de modelos climáticos da cidade de Manaus/AM.

A montagem prévia dos sensores nas estações meteorológicas foi realizada em uma área experimental no Campus II do INPA, onde foram verificados o funcionamento dos sensores e a transmissão de dados. A composição das estações meteorológicas com seus sensores, acessórios e níveis de instalações, é relacionada na Tabela 01. Uma estação meteorológica com estrutura finalizada é apresentada na Figura 29.

Tabela 01: Lista de sensores, modelos, quantidade e níveis de instalação nas estações meteorológicas.

Nome	Modelo	Quantidade	Altura
Sensor de direção do vento	S-WSB-M003	12	10-45m
Sensor de velocidade do vento	S-WDA-M003	12	10-45m
Sensor de precipitação pluvial	S-RGB-M002	12	10-45m
Sensor de radiação solar incidente	S-LIB-M003	12	10-45m
Sensor de temperatura e umidade do ar	S-THB-M008	12	10-45m
Sensor de pressão atmosférica	S-BPA-CM10	02	10-45m
Sensor de umidade do solo		24	-0,05 m -0,3 m -0,5 m -1,0 m
Sensor de temperatura do solo	S-TMB-M006	06	-0,5 m
Estação Meteorológica RX3000	*DATA LOGGER*	12	10-45m
Painel Solar 10W	S-WDA-M003	12	10-45m
Abrigo para sensor de temperatura e umidade do ar/suporte para radiação solar/suporte para sensores de direção e velocidade do vento		12	10-45m

A operação da rede foi estabelecida considerando limiares de variação das variáveis meteorológicas, apropriados à região de estudo. Casos tais limiares se apresentassem como ultrapassados ou os sensores perdessem a comunicação, alarmes ou avisos são disparados, e as condições de operação das estações meteorológicas são instantaneamente reportadas para a os pesquisadores do grupo da meteorologia, responsáveis pela página de controle de operação que gerencia o sistema. Neste sistema, os dados são coletados a cada 10 segundos e são calculadas médias a cada 5 minutos, que são enviados a cada 10 minutos via GSM (Sistema Global para Comunicações Móveis, em português) para a plataforma digital de armazenamento de dados *Hobolink*, juntamente com os serviços de alerta da rede. Uma cópia desses dados é também enviada para o equipamento servidor de armazenamento local de dados.

Na visualização da plataforma *Hobolink* (Figura 29), é possível acompanhar o funcionamento de cada estação meteorológica e dos sensores, verificar as informações sobre a conexão GSM e gerar os gráficos das variáveis.

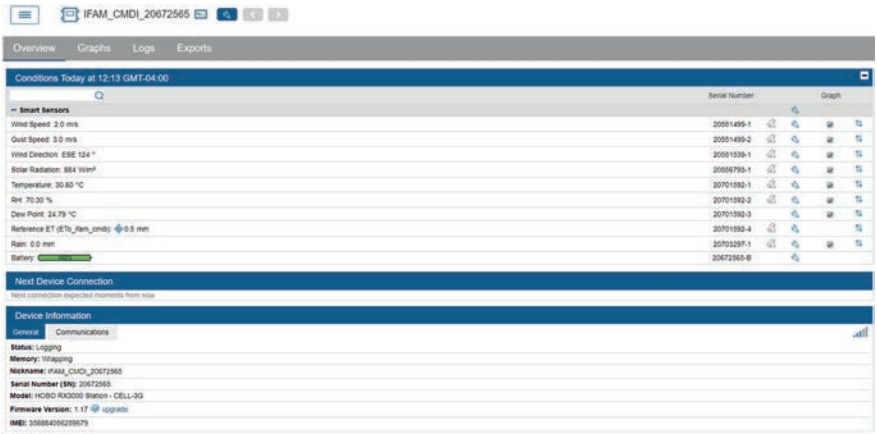


Figura 29: Visão geral dos dados dos sensores e ferramentas associados a uma estação meteorológica conforme apresentada na plataforma *Hobolink*.

O sistema de comunicação permite transmitir os dados registrados na estação meteorológica para a plataforma digital servidora de dados. A solução de comunicação por rede móvel GSM foi escolhida em virtude da ampla cobertura de antenas e pelo custo inferior ao adotado em outras formas de transmissão de dados, como o satélite, por exemplo. O custo dessa transmissão de dados foi projetado para além do período de execução do projeto. Neste modo de comunicação, as medidas dos sensores são registradas no *data logger* e depois transmitidas para a plataforma *Hobolink,* acessada via rede (smartphone, computador e notebook) (Figura 30).

Figura 30: Esquema de transmissão de dados via GSM (torre meteorológica para acesso remoto através do celular, computador e notebook).

A instalação das estações meteorológicas foi iniciada com a estação (MET01) no site de monitoramento do Campus IFAM-ZL (CMZL). A estação meteorológica possui os seguintes sensores: pluviômetro, sensor de direção e velocidade do vento, sensor de umidade relativa e temperatura do ar, sensor de temperatura do solo, sensor de radiação solar, painel solar e *data logger* HOBO RX3000 (registrador de dados) (Figura 31). A estação foi instalada no topo do contêiner, localizado nas coordenadas de 03,08396° de latitude sul, e 59,93518° de longitude oeste, na elevação de 79 metros, em uma área de clareira dentro da reserva florestal do Campus IFAM-ZL.

Figura 31: Conclusão da instalação da estação meteorológica (MET01) no Campus IFAM-CMZL.

A instalação da estação meteorológica (MET02) ocorreu no Campus I do INPA com início no dia 05/03/2020 e conclusão em 09/03/2020. A estação meteorológica possui os seguintes sensores: pluviômetro, sensor de direção e velocidade do vento, sensor de umidade relativa e temperatura do ar, sensor de temperatura do solo, sensor de radiação solar, painel solar, estação de monitoramento remoto HOBO RX3000 (registrador de dados) (Figura 32). A estação foi instalada em uma torre de 10 metros de altura, posicionada no topo de uma caixa d'água, localizado nas coordenadas de 03,09628° de latitude sul, e 59,98732° de longitude oeste, com elevação de 101 metros.

Figura 32: Instalação da Estação Meteorológica (INPA – MET02). Local: Torre da caixa d'água em área experimental do INPA – Campus I.

A estação meteorológica (MET03) foi instalada no Campus do IFAM-CMDI (Campus Distrito) (Figura 33). A estação foi instalada em uma torre fixada sobre o contêiner do Projeto IETÉ, nas coordenadas de 03,09628° de latitude sul, e 59,98732° de longitude oeste, com elevação de 69 metros.

Figura 33: Instalação da Estação Meteorológica (IFAMCMDI– MET03). Local: Área do Campus IFAM-CMDI.

A instalação da estação meteorológica (MET04) foi realizada na sede da SEDUC – Petrópolis (Figura 34). A estação foi instalada em uma torre de 3 metros no topo do telhado, localizado nas coordenadas de

03°06,942’ de latitude sul, e 59°58,450’ de longitude oeste, com altitude de 55 metros.

Figura 34: Instalação da Estação Meteorológica (SEDUC– MET04). Local: Prédio da Secretária de Estado de Educação e Deporto – SEDUC.

A instalação da estação meteorológica (MET05) foi realizada na Escola Estadual Gilberto Mestrinho (EEGM) – Centro (Figura 35). A estação foi instalada no topo do prédio do auditório da escola, utilizando uma haste de 4 metros de altura, localizada nas coordenadas de 03°08’14,5” de latitude sul, e 60°00’33,5” de longitude oeste, com elevação de 34 metros.

Figura 35: Instalação da Estação Meteorológica (EEGM– MET05). Local: Escola Estadual Gilberto Mestrinho – EEGM.

A instalação da estação meteorológica (MET06) foi realizada na área da estação climatológica da Reserva Florestal Adolpho Ducke – RFAD (Figura 36). Esta estação foi montada em uma torre telescópica de alumínio, à uma altura de 12 metros, localizada nas coordenadas de 2,929047° de latitude sul, e 59,976551° de longitude oeste, com elevação de 94 metros.

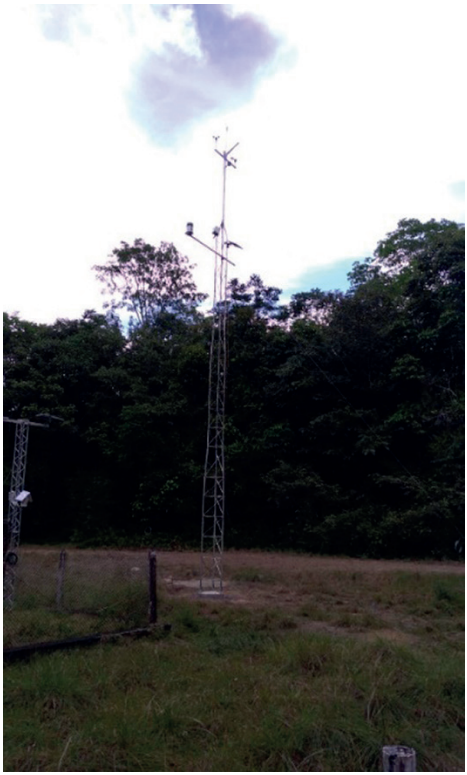


Figura 36: Instalação da Estação Meteorológica (Reserva Adolpho Ducke– MET06). Local: Área da Reserva Florestal Adolpho Ducke – RFAD.

Os sensores meteorológicos foram instalados e a base de dados está sendo armazenada e atualizada continuamente em tempo real (Figura 37).

Essa base de dados está sendo organizada e irá disponibilizar uma série de índices, tais como: precipitação total diária, temperatura média, máxima e mínima diária, radiação solar diária, etc. Atividades de verificação de funcionamento e manutenção sistemática dos sensores, baterias, painéis solares e rede de comunicação são realizadas mensalmente,

outras análises incluem registro e arquivamento de dados no servidor e backup semanal de dados.

Outras atividades incluem a atualização sistemática de softwares, drives e firmwares de sensores, desenvolvimento de scripts e algoritmos de tratamento e organização de dados em FORTRAN, CSH, KSH, PYTHON, NCL e CDO para desenvolvimento das simulações numéricas.

Figura 37: Mapa de localização das Estações Meteorológicas – MET01/CMZL e MET02/INPA.

As estações meteorológicas do projeto IETÉ foram distribuídas ao longo da área de influência da Bacia Hidrográfica do Educandos, estabelecendo uma rede de monitoramento (Figura 38). As estações possuem os seguintes sensores: pluviômetro, sensor de direção e velocidade do vento, sensor de umidade relativa e temperatura do ar, sensor de temperatura e umidade do solo, sensor de radiação solar, pressão atmosférica, painel solar e *data logger* HOBO RX3000 (registrador de dados).

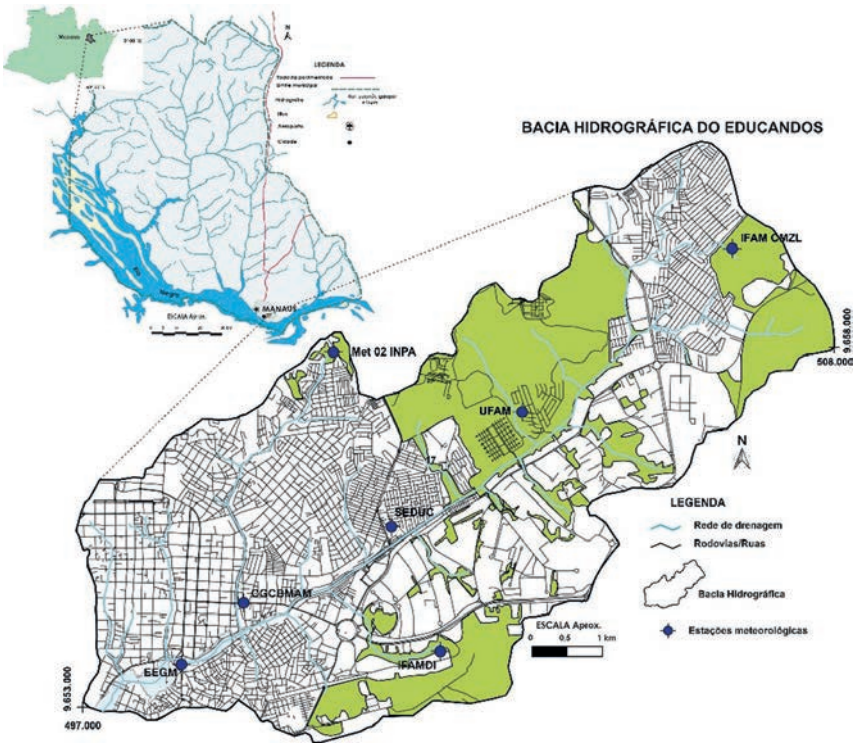


Figura 38: Mapa dos pontos de monitoramento meteorológico na bacia hidrográfica do Educandos, juntamente com a localização das estações meteorológicas (cor azul – torres instaladas e vermelho – aguardando instalação). Figura preparada usando Qgis (Laboratório de Modelagem Climática – INPA).

No período de 01 de julho a 30 de novembro de 2021, foram finalizadas as instalações das estações meteorológicas fixas que restavam, e concluídas a instalação do sistema de medidas de fluxos turbulentos de energia ("sistema Eddy Covariance") e a instalação do equipamento saldo radiômetro (que mede as quatro componentes dos fluxos radiativos – ondas curtas: incidente e refletida; e ondas longas: incidente e emitida). Estes equipamentos foram instalados e configurados em duas torres: a primeira, uma torre estaiada de secção transversal quadrada de 40 x 40 cm, com 30 metros de altura (denominada Torre Urbana – TU), localizada na área do Comando Geral do Corpo de Bombeiros Militar do Amazonas (CGCB); a segunda torre, também estaiada, conta com secção transversal triangular de 40 x 40 x 40 cm, com15 metros de altura (denominada Torre Dossel – TD), localizada na área do Comando Geral da Polícia Militar do Amazonas (CGPM) (Figura 39).

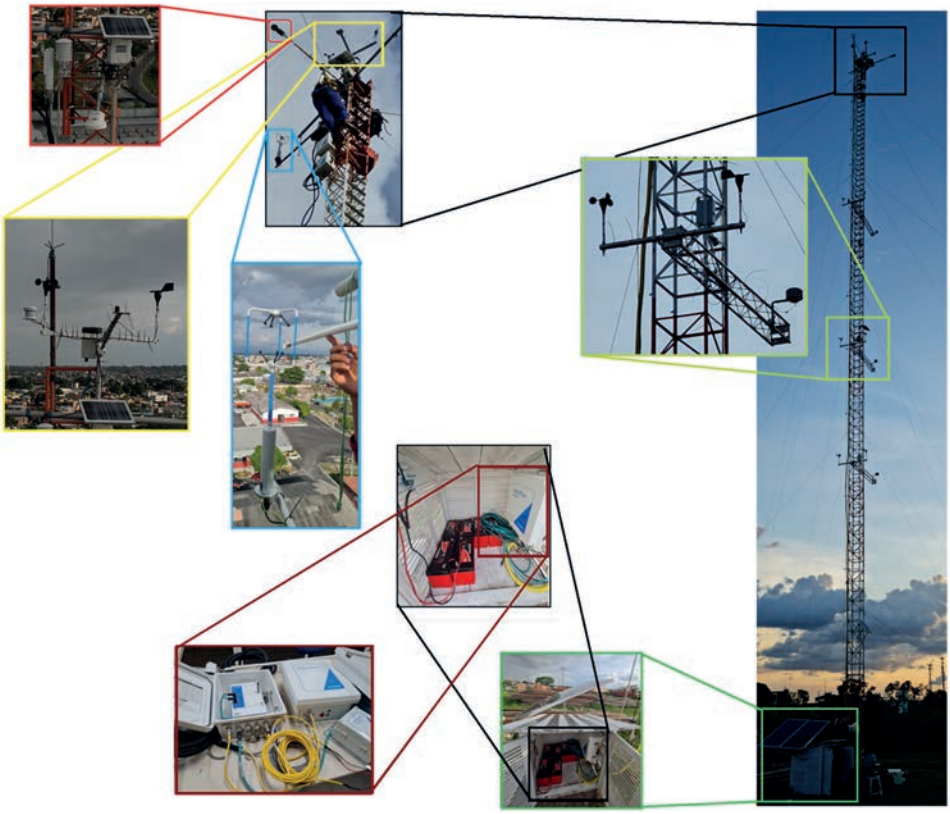


Figura 39: Torre de monitoramento meteorológico instalada no CGCB, Torre Urbana – TU, com detalhes dos equipamentos, sensores e disposição nos vários níveis.

A instalação dessas torres abrange a maior área urbana da Bacia Hidrográfica do Educandos localizada no bairro Petrópolis em Manaus-AM. As torres instaladas, com os respectivos equipamentos, sensores e níveis de monitoramento estão apresentadas na Tabela 02 e Tabela 03.

Tabela 02. Equipamentos e sensores instalados na Torre Urbana (TU) com respectivas informações. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

Equipamentos e sensores	Quantidade	Variáveis medidas	Contribuição para as atividades do projeto	Nível de coleta dos dados
Saldo Radiômetro* – modelo *adquirido com recursos de projeto CNPq.	1	Radiação solar incidente [W/m^2]; Radiação solar refletida [W/m^2]; Radiação termal da atmosfera [W/m^2]; Radiação termal da superfície [W/m^2];	1) Determinação das componentes do balanço de radiação sobre a superfície da área urbana; 2) Determinação da energia disponível aos processos de evaporação e transpiração da água; 3) Determinação do balanço hídrico sobre a área urbana; 4) Coleta de dados para forçamento, calibração e validação do modelo de clima-cidade-aquífero.	30 metros de altura
Sistema de medidas de fluxos turbulentos ("Eddy Covariance"), composto por: Analisador de H_2O (vapor de água) e CO_2 (dióxido de carbono) atmosférico com caminho óptico fechado, modelo LI-7200RS Licor. Anemômetro sônico modelo WindMaster GILL-WM, 3D (eixos x, y, z) Placa sensor para medição de fluxo de calor do solo, modelo HFP01 da Hukseflux Módulo de aquisição de dados – DAQM	1	Concentração de vapor de água [ppm] e dióxido de carbono [ppm] na atmosfera; Velocidade ultrassônica do vento nas 3 direções (x, y, z) [m/s]; Fluxo de calor na superfície até 5 cm de profundidade [W/m^2];	1) Determinação das componentes do balanço de energia (fluxo de calor latente e fluxo de calor sensível) sobre a superfície da área urbana; 2) Determinação do balanço hídrico sobre a área urbana; 3) Coleta de dados para calibração e validação do modelo de clima-cidade-aquífero.	30 metros de altura 5 cm de profundidade

Tabela 02. Equipamentos e sensores instalados na Torre Urbana (TU) com respectivas informações. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA. (*Continuação*)

Equipamentos e sensores	Quantidade	Variáveis medidas	Contribuição para as atividades do projeto	Nível de coleta dos dados
Estação meteorológica modelo RX-3003-GSM-Hobo e sensores termo-higrômetro (S-THB-M002-Hobo), anemômetro (S-WSET-B-Hobo), pluviômetro (S-RGB-M002-Hobo), piranômetro (S-LIB-M003-Hobo) e painel solar (SOLAR-6W-Hobo); Sensores instalados a 30 metros.	2	Coletar, registrar e transmitir as medidas de temperatura [ºC] e umidade do ar [%], direção [º] e velocidade do vento [m/s], precipitação [mm] e radiação solar [W/m²], de maneira automática, via comunicação GSM, e fornecer energia à bateria da RX-3003;	1) Coleta e armazenamento de dados meteorológicos em diferentes locais da Bacia Hidrográfica do Educandos; 2) Monitoramento dos elementos meteorológicos na área da bacia hidrográfica por longo prazo, em diferentes alturas da atmosfera; 3) Determinação do balanço hídrico sobre a área urbana; 4) Coleta de dados para calibração e validação do modelo de clima-cidade-aquífero.	30 metros de altura 20 metros de altura 14 metros de altura 9 metros de altura 5 metros de altura

Tabela 03. Equipamentos e sensores instalados na Torre Dossel (TD) com respectivas informações. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

Equipamentos e sensores	Quantidade	Variáveis medidas	Contribuição para as atividades do projeto	Nível de coleta dos dados
Estação meteorológica modelo RX-3003-GSM-Hobo e sensores termo-higrômetro (S-THB-M002-Hobo), anemômetro (S-WSET-B-Hobo), Pluviômetro (S-RGB-M002-Hobo), piranômetro (S-LIB-M003-Hobo) e painel solar (SOLAR-6W-Hobo);	1	Coletar, registrar e transmitir as medidas de temperatura [°C] e umidade do ar [%], direção [°] e velocidade do vento [m/s], precipitação [mm] e radiação solar [W/m^2], de maneira automática, via comunicação GSM, e fornecer energia à bateria da RX-3003;	1) Coleta e armazenamento de dados meteorológicos em diferentes locais da Bacia Hidrográfica do Educandos; 2) Monitoramento dos elementos meteorológicos na área da bacia hidrográfica por longo prazo, em diferentes alturas da atmosfera; 3) Determinação do balanço hídrico sobre a área urbana; 4) Coleta de dados para calibração e validação do modelo de clima-cidade-aquífero	10 metros de altura

A partir da instalação das estações meteorológicas, a coleta de dados foi iniciada de maneira automatizada, seguindo configurações específicas do sistema de aquisição. Com isso, adotou-se uma frequência de leitura dos sensores a cada 10 segundos e desenvolveu-se um "job" de cálculos de médias das variáveis (ou totais para a precipitação) em intervalos de 5 minutos, que ficavam registrados no data logger RX3000.

A transmissão de dados foi configurada usando a tecnologia GSM com envio de pacotes de dados de até 10MB a cada 10 minutos para a plataforma online HOBOLINK. Após a chegada do pacote de dados, este é processado através de pequenas tarefas e transferido ao ambiente de visualização.

A PCSAD (Plataforma de Controle e Supervisão de Aquisição de Dados) é um espaço virtual de armazenamento que a coleta, armazena, exibe e processa todos os dados dos sensores e é fornecida pela HOBO--Onset na aquisição das estações meteorológicas, denominada *Hobolink*.

Os dados foram transformados em subprodutos que permitiram ao corpo técnico do Projeto IETÉ avaliar as condições meteorológicas observadas na área de estudo, em diferentes períodos de tempo (24 horas, 1 semana, 1 mês, por exemplo). A visualização pode ser realizada através de um link de acesso à plataforma digital,como no exemplo a seguir:

https://dashboard.hobolink.com/public/8166/Meteorologia%20IETÉ%20OnLine-11-19-2020%2019:02:47

Neste *dashboard* é possível realizar o acompanhamento dos dados já armazenados e visualizar gráficos em tempo real. Os gráficos de cada sensor ativo na estação meteorológica podem ser visualizados ao longo do período diário, semanal e mensal (Figura 40). Esses dados podem ser utilizados como ferramenta para gerar subprodutos de acompanhamentos das condições meteorológicas, e armazenamento à longo prazo.

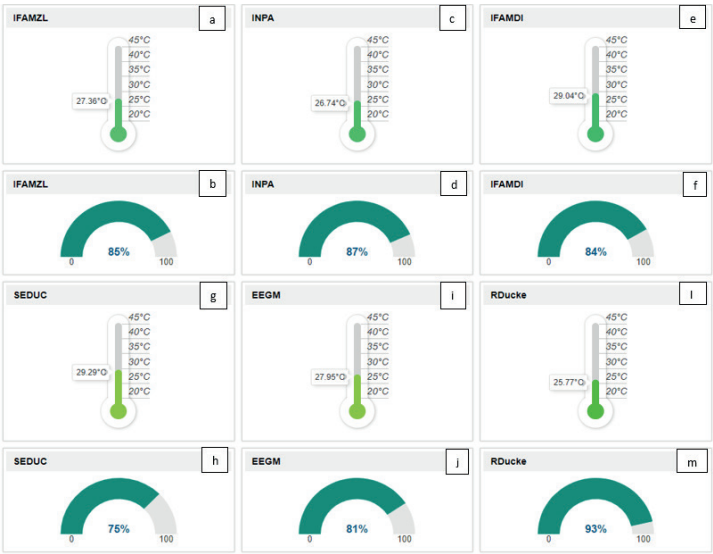


Figura 40: Acompanhamento diário das variáveis meteorológicas: temperatura do ar (°C) e umidade relativa do ar (%) das Estações Meteorológicas – IFAMCMZL/MET01 (a; b), INPA/MET02 (c; d), IFAMCMDI/MET03 (e; f), SEDUC/MET04 (g; h), EEGM/MET05 (i; j) e RFAD (l; m) através do dashboard.

Como resultado do uso destes dados e da aplicação destes programas, são apresentados na Figura 41, através das séries temporais das médias diárias das variáveis, a radiação solar (W/m^2) [linha vermelha] e a evapotranspiração (mm/dia) [linha azul] em cinco estações meteorológicas: IFAMCMZL/MET01, INPA/MET02, IFAMCMDI/MET03, SEDUC/MET04 e EEGM/MET05.

Os dados mostram a variabilidade diária da radiação solar e da evapotranspiração em todas as estações. As variações médias diárias são da ordem de 50 a 250 W/m^2 para a radiação solar e de 2,5 a 7,5 mm/dia para a evapotranspiração. Durante as épocas chuvosas, percebe-se redução da radiação solar e da evapotranspiração nos pontos de medição, associada a maior cobertura de nuvens e maior volume de precipitação. Nas épocas de seca, estas variáveis têm seus valores aumentados. Esses dados mostram claramente a variabilidade das condições meteorológicas ao longo de um ciclo anual na área urbana de Manaus/AM. Em função das diferenças nas características da paisagem local, nas estações do IFAMCMDI e SEDUC (áreas urbanas) o comportamento das variáveis é bastante similar, mas diferem em magnitude em relação às medidas obtidas nas estações do IFAMZL e INPA (áreas urbanas com presença de vegetação).

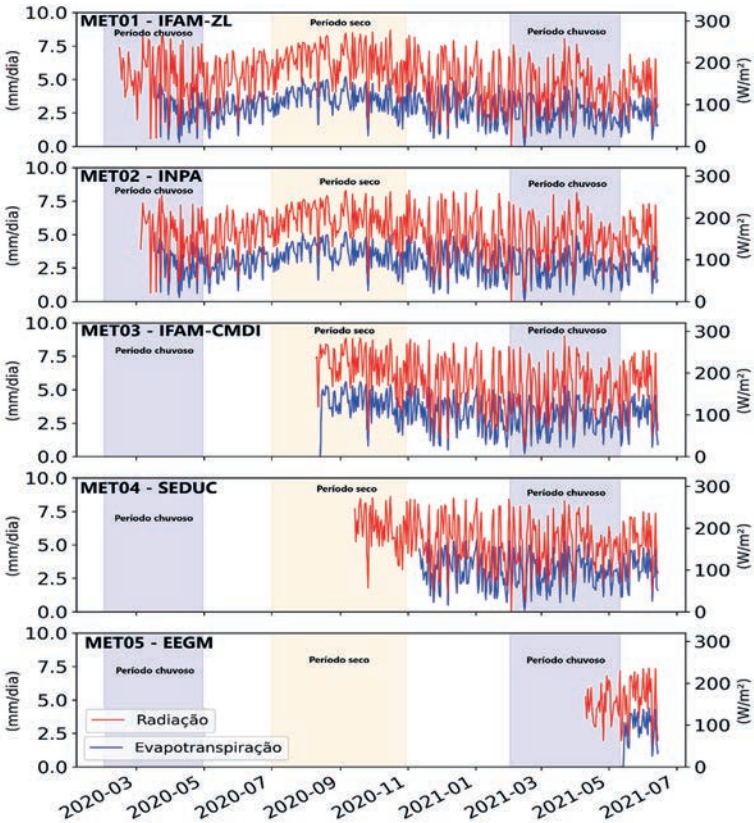


Figura 41: Série temporal da média diária para as variáveis de radiação solar (W/m²) e evapotranspiração (mm/dia) nas estações meteorológicas – IFAMCMZL/MET01, INPA/MET02, IFAMCMDI/MET03, SEDUC/MET04 e EEGM/MET05.

Determinação do balanço hídrico

A determinação do balanço hídrico na Bacia Hidrográfica do Educandos (BHE) é regulada pelos fluxos de entrada, obtidos pelas medidas de precipitação (P) (total e interna), e pelos fluxos de saída, obtidos pelas medidas de evapotranspiração (ET), de fluxo de água superficial (obtido via medidas de vazão) (R_s) e estimativa dos fluxos de água subterrâneo (R_b) e fluxos recarga do aquífero (D), obtidos via flutuação do lençol freático e modelagem hidrológica. Em condições ideais de equilíbrio do balanço hidrológico, esses fluxos podem ser representados pelas equações 1 e 2:

$$\frac{\Delta z\ \theta_s d\theta}{dt} = P - E - R_s - D \qquad (1)$$

$$\frac{S_y dWa}{dt} = D - R_b \tag{2}$$

Em que, θ é a umidade do solo; P e ET são, respectivamente, a precipitação e evapotranspiração; R_s é o escoamento hidrológico superficial (a partir de dados de vazão); D e R_b são os fluxos subterrâneos (hidrogeológicos) de recarga do aquífero e escoamento de base, respectivamente; W_a é o armazenamento de água no aquífero; θ_s, a porosidade do solo; S_y, a porosidade específica do aquífero; Δz, a espessura da camada do solo e Δt é o intervalo de tempo utilizado no monitoramento das variáveis associadas.

Com o crescimento da cidade de Manaus/AM e a implantação do Polo Industrial, aumentou-se a demanda pelo uso de água subterrânea. Como resultado, a BHE sofreu diversas mudanças na sua cobertura de superfície, perdendo 78% de área de floresta natural para estruturas urbanas (CANDIDO et al., 2021).

Com isso, os fluxos de entrada (*P e D*) e saída (R_s *e* R_b) foram acentuadamente modificados e um novo componente de fluxo de água extraído do aquífero (C_{ex}) foi adicionado ao sistema, devido ao consumo residencial, comercial e industrial (Figura 42). Logo, na Equação 2 um novo termo foi adicionado,cuja representação resulta na forma da Equação 3:

$$\frac{S_y dWa}{dt} = D - R_b - C_{ex} \tag{3}$$

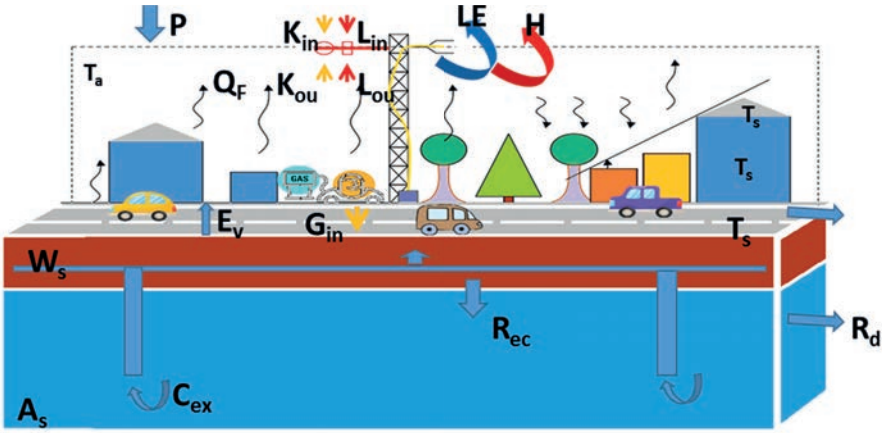


Figura 42: Representação esquemática dos processos à superfície complementares ao estudo do balanço hídrico na área urbana da BHE, aplicando os modelos físicos do clima. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

A determinação destes fluxos permite diagnosticar as condições de disponibilidade hídrica da bacia Hidrográfica do Educandos, na atuação e desenvolvimento de um modelo preditivo para avaliar as condições hídricas atuais e projetar cenários futuros. Para isso, essas equações foram resolvidas simultaneamente utilizando um sistema multiprocessado, utilizando dados de medidas meteorológicas como forçamento e medidas hidrológicas e hidrogeológicas para validação. No período que abrange este relatório, foram obtidas as medidas de precipitação, evapotranspiração, vazão e variação do lençol freático nos diferentes locais monitorados na BHE, integrando os dados de meteorologia, hidrologia e hidrogeologia para determinação do balanço hídrico.

A coleta sistemática de dados meteorológicos, hidrológicos e hidrogeológicos é um desafio na estruturação da Rede IETÉ em função das características distintas dos sensores, diferenças na sistemática de coleta e abrangência espacial dos dados. Isso exige um sistema de gerenciamento distinto entre as diferentes áreas científicas.

A determinação dos componentes do balanço hídrico sobre a Bacia Hidrográfica do Educandos está sendo feita utilizando-se a combinação das medidas de radiação solar, temperatura e umidade do ar, velocidade do vento e precipitação, e o uso de modelo físicos específicos na estimativa da evapotranspiração, armazenamento de água no solo, nível do lençol freático e água armazenada na área do aquífero.

Foram configurados e ajustados os modelos NOAH-MP e SLUCM (*Single Layer Urban Climate Model*) para as áreas da Reserva Biológica do Cuieiras (ZF2) e na área da bacia Hidrográfica do Educandos (urbana) na representação de superfícies naturais e urbanizadas, respectivamente. Também foram preparadas as bases de dados meteorológicos, de cobertura vegetal, tipologia e profundidade do solo, relevo e drenagem dos igarapés para uso nos modelos NOAH-MP e SLUCM. Os resultados dos modelos fornecem produtos do balanço hídrico, tais como: evapotranspiração, escoamento superficial e subterrâneo, estoque de água no solo e subterrâneo, recarga do aquífero e profundidade do lençol freático. Inicialmente foram realizadas comparações das medidas observacionais de umidade do solo, vazão, recarga, e profundidade do lençol freático, com as estimativas do modelo NOAH-MP (validação) para a Reserva Biológica do Cuieiras.

Simulações com o modelo NOAH-MP+SIMGM foram desenvolvidas, em escala multi-anual, para a área de floresta natural tropical, localizado

no sítio experimental na Reserva Biológica do Cuieiras. As simulações de longo prazo foram realizadas para o período dos anos de 1990 à2018, considerando integrações reinicializadas totalizando 216 anos. Os dados de flutuação do estoque de água do aquífero na área da Bacia Cuieiras, simulados pelo modelo NOAH-MP+SIMGM, foram comparados com os dados medidos in loco e com as estimativas do satélite GRACE (Figura 43).

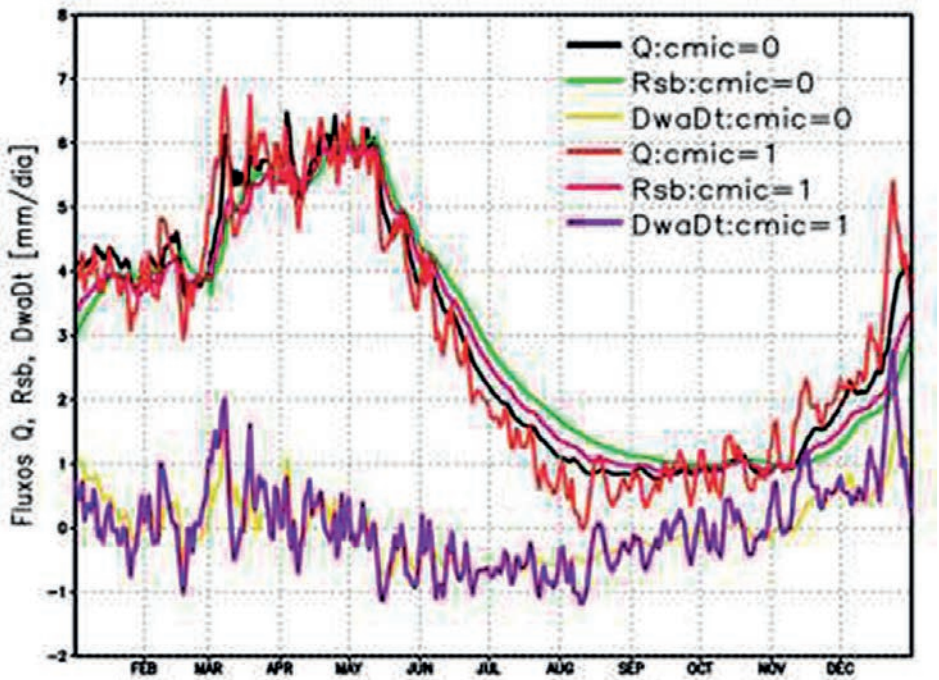


Figura 43: Variação sazonal da recarga do aquífero (Q), escoamento de base (Rsb) e flutuação do estoque de água do aquífero (Dwatdt) [em mm/dia] simulada pelo modelo NOAH-MP+SIMGM para a área da Reserva Biológica do Cuieiras (ZF2), considerando o efeito da interação solo-aquífero através dos fluxos de recarga e ascensão capilar.

Os resultados do estoque de água do solo e do aquífero foram verificados em comparação a conjuntos de dados locais e regionais, tais como: umidade do solo, nível de água e armazenamento total de água. Esse conjunto de resultados foi analisado para as condições de ocorrência de extremos climáticos recentes, como o caso do El Niño (2015-2016), entre outros eventos (Figura 44). Essa comparação é fundamental para

avaliar a destreza do modelo quanto à representatividade dos processos de interação clima-solo-aquífero para as áreas de pesquisa do Projeto.

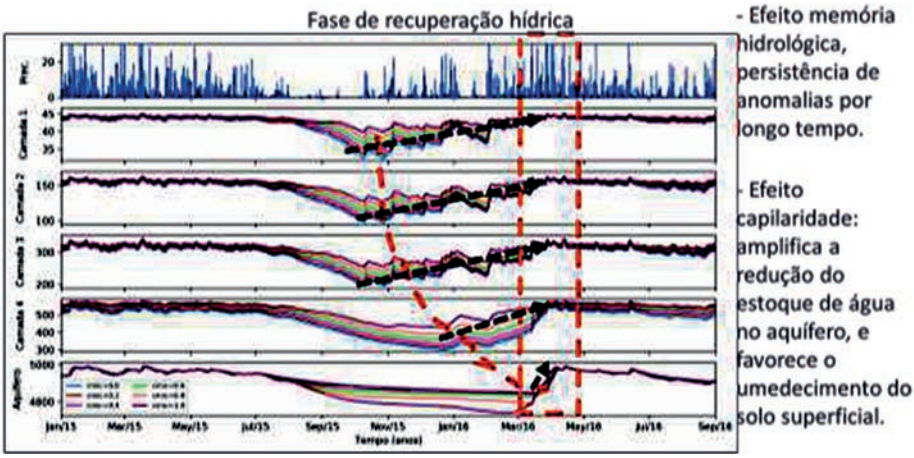


Figura 44: Variação do estoque de água no solo e no aquífero para o período de El Niño (2015-2016).

Aplicação do modelo SLUCM na determinação dos fluxos de calor sensível e da temperatura do ar a dois metros de altura, em uma área urbana representativa da bacia do Educandos localizada no bairro Petrópolis.

Na Figura 45 são apresentados os ciclos diários de fluxo de calor sensível total (HURB), calor sensível acima dos telhados (HR), e calor sensível devido contribuição de paredes e ruas do dossel urbano (HC) na área do Petrópolis, determinados a partir das observações meteorológicas (medidas) e estimadas pelo modelo SLUCM (MODELO SLUCM) durante um período de 3 dias, de condição céu aberto.

As curvas modeladas mostram variação bem definida pelo ciclo diário de aquecimento urbano, com valores muito próximos às medidas. O valor máximo diário de calor sensível associado aos telhados é da ordem de 120W/m^2, enquanto a contribuição das paredes dos edifícios e da superfície das ruas é da ordem de 80W/m^2, que juntos tem contribuição máxima da ordem de 200 W/m^2 para o fluxo de calor sensível total na área urbana.

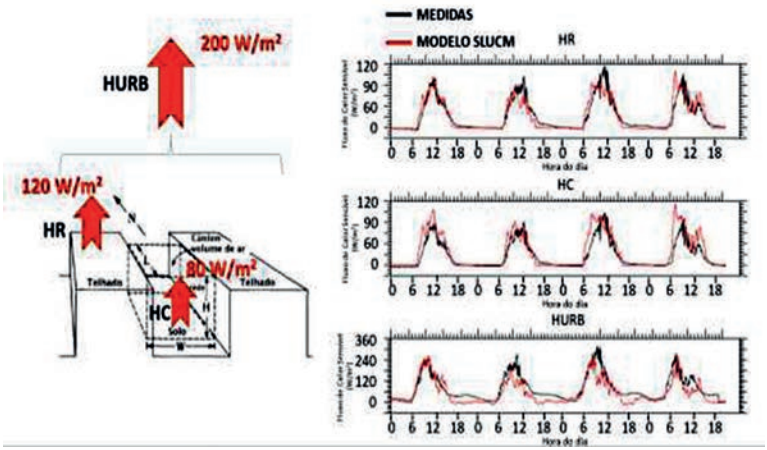


Figura 45: Fluxo de calor sensível estimado a partir das observações meteorológicas (medidas) e simulado pelo MODELO SLUCM, com as respectivas contribuições de calor sensível urbano total – 200 W/m² (HURB), da cobertura dos telhados – 120 W/m² (HR); e da superfície das ruas – 80 W/m² (HC).

Na Figura 46, são apresentadas as variações de temperatura do ar a 2 metros, utilizando os dados observados na área do bairro Petrópolis, no período de 15 a 30 de agosto de 2013. O modelo representa a variação diária ajustada às medidas, porém superestima a temperatura do ar a 2 metros no horário de 12h e 15h. A representação no diagrama de dispersão mostra um coeficiente de ajuste de regressão na ordem de 0,9451.

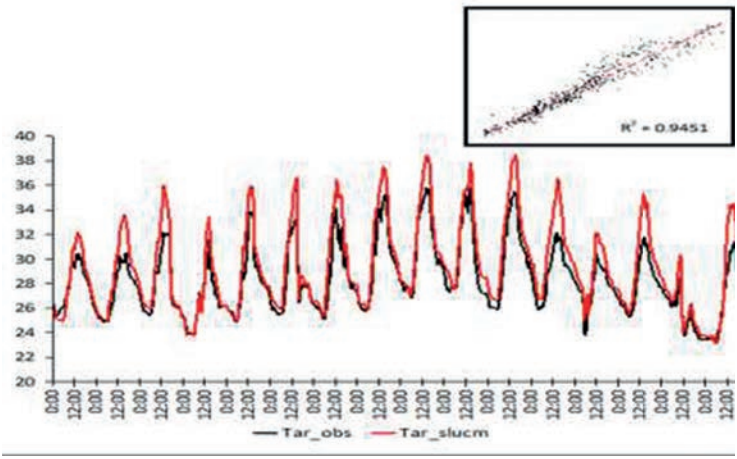


Figura 46: Comparativo da variação diária da temperatura do ar a 2 metros, observada (Tar_obs) e simulada pelo modelo (Tar_slucm) na região urbana do Petrópolis na Bacia do Educandos.

Para acompanhamento da evolução temporal das variáveis e controle de qualidade dos dados que coletados nas estações meteorológicas em operação no Projeto IETÉ, foram elaboradas as séries de dados expostas na Figura 10.

São apresentados nesta figura os subprodutos relativos à precipitação e temperaturas registradas na área da Bacia Hidrográfica do Educandos, sendo: a precipitação total diária (linha azul), temperatura máxima (Max; linha vermelha), média (Med; linha preta) e mínima diária (Min; linha verde). Esses dados mostram a evolução dessas variáveis nos sítios em operação (IFAM-ZL, INPA, IFAM-CMDI e SEDUC). Como complemento, expõe-se o acompanhamento dos primeiros dados da torre meteorológica da EEGM e Reserva Ducke, que foram implantados recentemente.

Os dados mostram as mudanças das variáveis ao longo do tempo, avançando sobre as diferentes épocas do ano, datados de março de 2020 a junho de 2021). As séries mostram que nas condições da época chuvosa (fev.-abr./2021) os eventos de precipitação foram mais intensos e frequentes nos locais de monitoramento. As séries temporais mais curtas do IFAM-CMDI, SEDUC e EEGM também mostram eventos de precipitação mais intensos nos meses de março a junho de 2021. Para os padrões de variabilidade da temperatura do ar, percebe-se a distinção clara entre a temperatura máxima, média e mínima diária ao longo do período de coleta de dados.

Como esperado, as séries sofrem influências dos dias com precipitação, tipicamente na época chuvosa, quando apresentam valores mais baixos de temperatura, enquanto os valores de temperatura elevam-se durante a estação seca, de maneira mais forte para Max. Além disso, temperaturas elevadas são observadas tanto na época seca quanto na época chuvosa, particularmente nas áreas mais urbanizadas (como SEDUC e IFAM-CMDI), onde o efeito da maior absorção de radiação solar, pela estrutura urbana, predomina em comparação às áreas com cobertura vegetal.

A partir das medidas meteorológicas de precipitação (P) e de Evapotranspiração (ET) obtidas, já é possível determinar a disponibilidade hídrica à superfície na BHE, para os pontos de monitoramento da Rede IETÉ.

A Figura 47, apresenta os valores da diferença de precipitação e evapotranspiração, P-ET (mm/mês), nos locais de monitoramento meteorológico do IFAMZL – MET01, INPA, IFAMCMDI e SEDUC, para o período abril de 2020 a junho de 2021. A disponibilidade hídrica (ou seja, P-ET > 0)

é intensa nos meses chuvosos e deficitária nos meses secos. Nos locais com presença de cobertura vegetal a disponibilidade de água na época chuvosa é superior em relação aos locais mais urbanos (construídos), enquanto na época seca ocorre déficit hídrico moderado. Também foi possível constatar que a disponibilidade de água na superfície das áreas monitoradas é maior quando há áreas de vegetação.

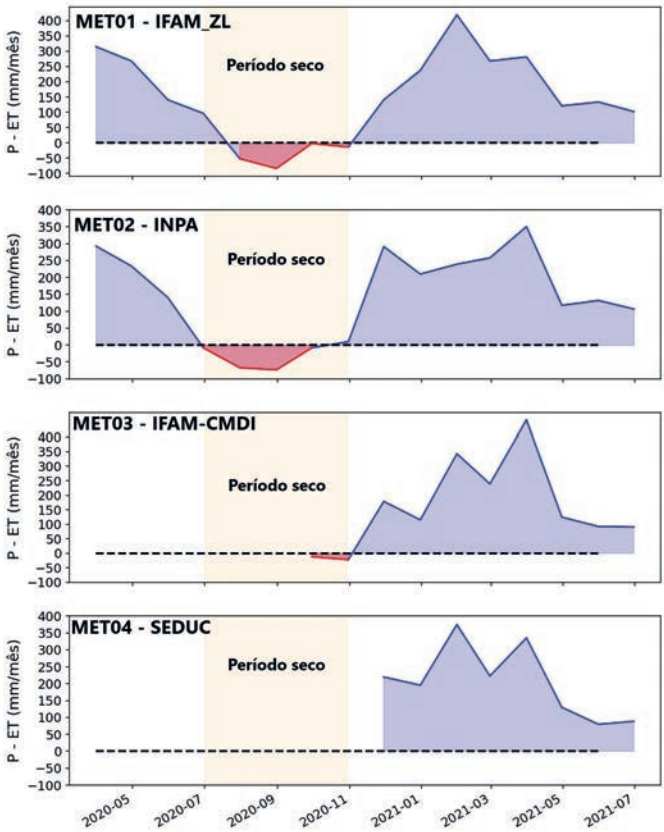


Figura 47: Variação mensal de P-ET (mm/mês) das estações meteorológicas do IFAMZL – MET01, INPA, IFAMCMDI e SEDUC para o período abril de 2020 a julho de 2021.

A análise do balanço hídrico foi realizada determinando-se o termo P-E (Equação 1) e as componentes (fluxos) dos balanços de energia e radiação, a partir dos dados das estações meteorológicas e dos equipamentos de fluxos turbulentos (*Eddy Covariance*) e do saldo radiômetro (Caso I: microescala); a partir de simulações desenvolvidas com a aplicação do

modelo de clima urbano, SLUCM (*Single Layer Urban Canopy Model*) em modo desacoplado (offline) juntamente com o esquema de superfície NOAH (Caso II: escala local, Figura 48); e a partir de simulações do modelo meteorológico WRF (Caso III: mesoescala, Figura 49) com o NOAH e SLUCM, aplicados em modo acoplado (online) abrangendo toda a cidade de Manaus.

Nos casos II e III são utilizadas as equações 1, 2 e 3 com solução numérica simultânea utilizando programação em linguagem *Fortran, Bourne Shell, Korn Shell, C Shell, Python* e CDO (*Climate Data Operator*). Os diagramas ilustrativos das simulações nos Caso II e III são apresentados nas Figuras 48 e 49.

As simulações foram "forçadas" com dados das estações meteorológicas nos Casos I e II e com dados de reanálise no Caso III. No Caso I, a análise dos dados observacionais permitiu avaliar a variação diária dos fluxos à superfície, associada ao balanço de radiação (fluxos de radiação de ondas curtas incidente – Kin e refletida – Kou, e de ondas longas incidente – Lin e emitida – Lou) e energia (Energia Disponível à superfície, *Rn*), G (fluxo de calor para a superfície), fluxo de calor sensível (*H*) e fluxo calor latente (*LE*). Nos Casos II e III, além destas análises, ainda foram incluídas a temperatura da superfície (*TS*), temperatura do ar a 2 metros (*T2*) e temperatura do ar no espaço do cânion urbano (*TC*).

Caso II: Essa análise foi realizada para a área urbana, utilizando os dados meteorológicos coletados entre o período de 01 de outubro de 2020 a 30 de dezembro de 2021. Os gráficos e figuras foram gerados utilizando *scripts* no software Grads, programas em linguagem Fortran e Python.

Figura 48: Diagrama ilustrativo do esquema de simulação utilizando os dados meteorológicos na aplicação do modelo SLUCM/NOAH (Caso II) na área do INPA. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

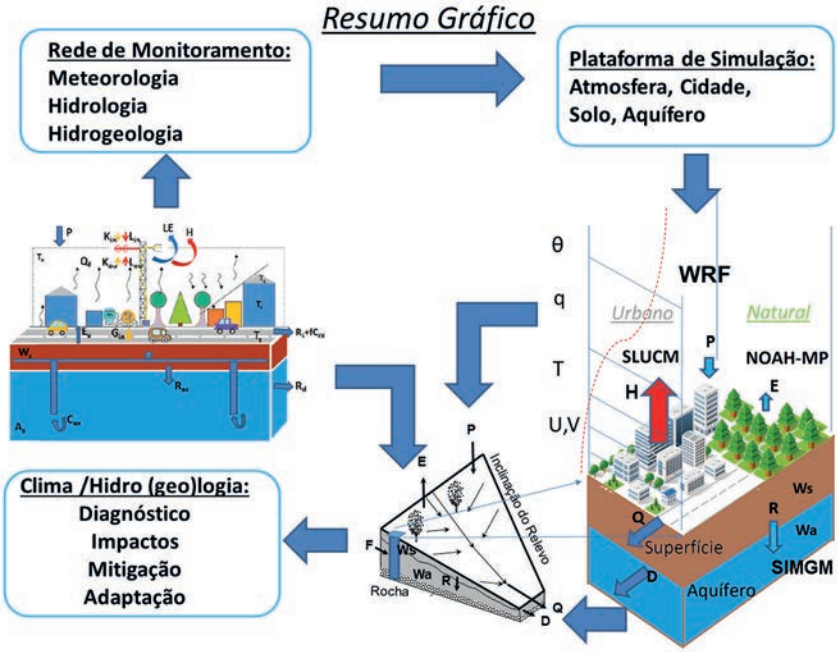


Figura 49: Diagrama ilustrativo do esquema de simulação aplicando o modelo WRF/SLUCM/NOAH (Caso III) na cidade de Manaus. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

Os dados dos equipamentos que medem os fluxos de radiação e energia foram processados e uma amostra das medição realizada é exposta nas Figuras 50 e 51.

Na figura 50 são apresentadas as medidas das componentes dos fluxos de radiação solar (Kin, Kou) e de ondas longas (Lin, Lou), juntamente com o saldo de radiação (Rn) em termos de médias de 30 min e abrangendo o ciclo diário. Os registros mostram uma acentuada variação de Kin (400 a 1000 W/m^2) e Kou (80 a 180 W/m^2) nestes dias, reflexo da nebulosidade e da ocorrência de precipitação. Em temos de radiação de ondas longas, Lin (400 a 450 W/m^2) e Lou (420 a 480 W/m^2) apresentam uma variação bem menor, com Lou sempre superior a Lin. Em termos do saldo de radiação, verifica-se o domínio de Lin durante o dia com valores positivos de Rn, e valores negativos durante a noite determinados pela perda de radiação de ondas longas da superfície. A média da razão entre Kou e Kin é uma medida de refletividade da superfície, e nesses dias foi de 17%.

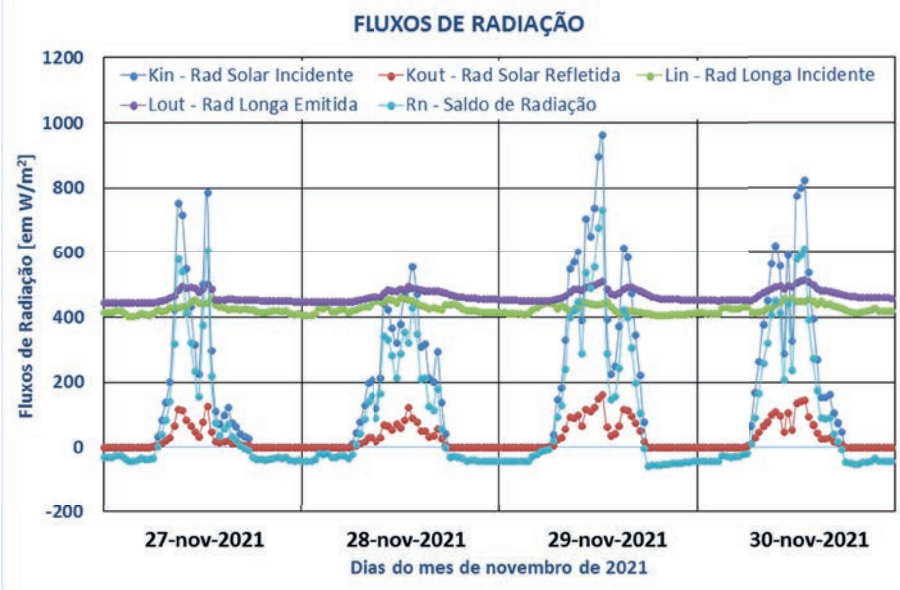


Figura 50: Ciclo diário das componentes dos fluxos de radiação medidos na área CGCB durante os dias 27, 28, 29 e 30 de novembro de 2021. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

A partição do saldo de radiação (ou energia disponível) em fluxos de energia latente (LE), sensível para o ar (H) e para o solo (G) é fundamental para a quantificação da disponibilidade hídrica a superfície. Com os equipamentos instalados e as medidas realizadas no CGCB foi possível realizar essa análise utilizando sensores independentes que medem tais componentes de fluxo.

Na Figura 51 são apresentadas as componentes do balanço de energia à superfície para os dias 27 a 30 de novembro de 2021. A variabilidade da radiação solar também afeta Rn durante o dia e, portanto, afeta os fluxos H, LE e G. Uma proporção equiparável de Rn é particionada entre H (cerca de 40%), LE (44%) e G (4%) em média nestes quatro dias. A maior proporção de LE deve-se à maior umidade do solo e a presença de cobertura vegetal na área do CGCB.

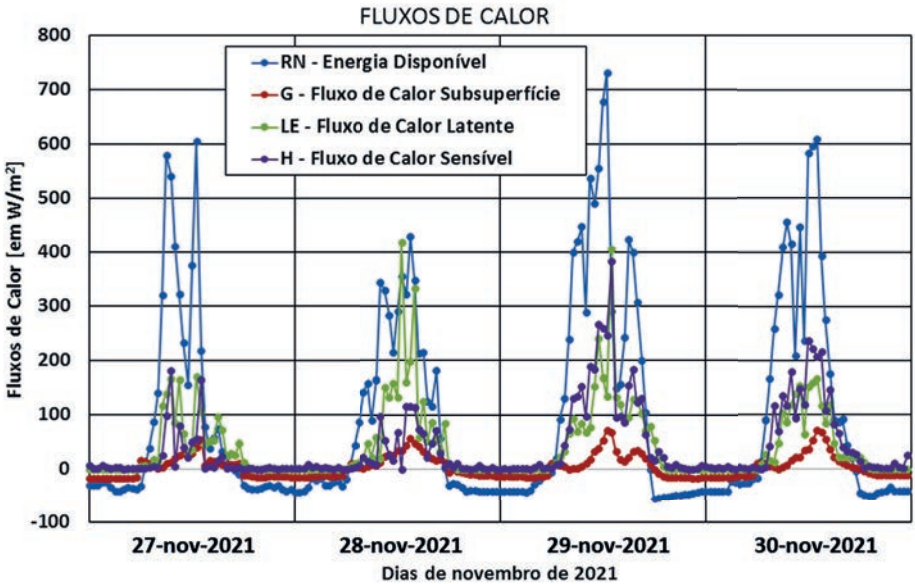


Figura 51: Ciclo diário das componentes dos fluxos de calor medidos na área CGCB durante os dias 27, 28, 29 e 30 de novembro de 2021. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

No INPA, em uma área de 1 km x 1 km, são encontrados cerca de 70% de cobertura vegetal e 30% de superfície impermeável urbana (Figura 52). No CGCB, são encontrados cerca de 3% de cobertura vegetal e 97% de superfície impermeável urbana (Figura 53).

Os dados da rede meteorológica e os modelos foram utilizados para determinar as componentes de balanço de energia e a temperatura do ar e da superfície em termos das médias do ciclo diário no período de março de 2020 a outubro de 2021.

Na área do INPA, a partição de energia ficou em 32% para LE, 28% para H e 40% para G, o que levou a uma temperatura da superfície (TS) máxima de 43ºC, e temperaturas máxima do ar (T2 e TC), muito próximas, cerca de 33,5ºC. Na área do CGCB, a redução da cobertura vegetal modificou drasticamente a partição da energia disponível, em 0% para LE, 40% para H, e 60% para G. Isso resultou em uma forte elevação das temperaturas máximas de TS (para 48ºC), TC (para 37ºC) e T2 (para 35ºC). Estes resultados são preliminares e novas simulações, com calibração dos modelos, serão realizadas utilizando os dados coletados pela rede de sensores e equipamentos meteorológicos do Projeto IETÉ.

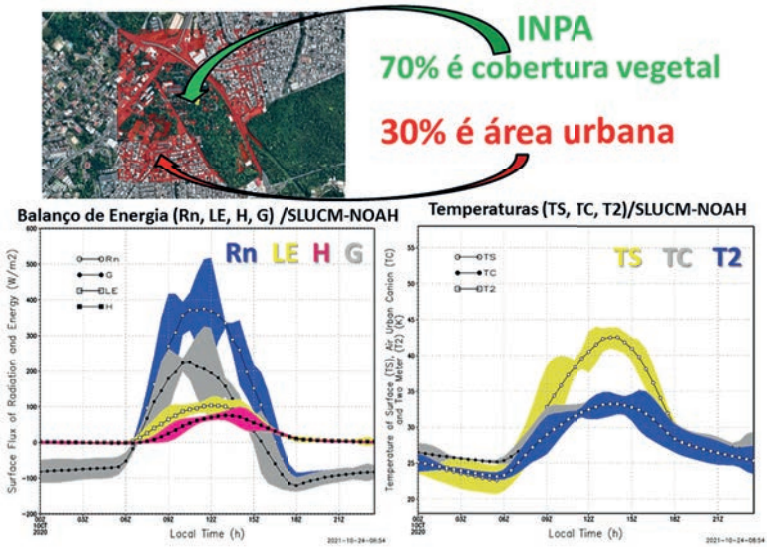


Figura 52: Resultados dos componentes do balanço de energia (Rn, LE, H, G) e da temperatura da superfície (TS) e da temperatura do ar a 2m (T2) simulados pelo modelo SLUCM/NOAH, para a área do INPA. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

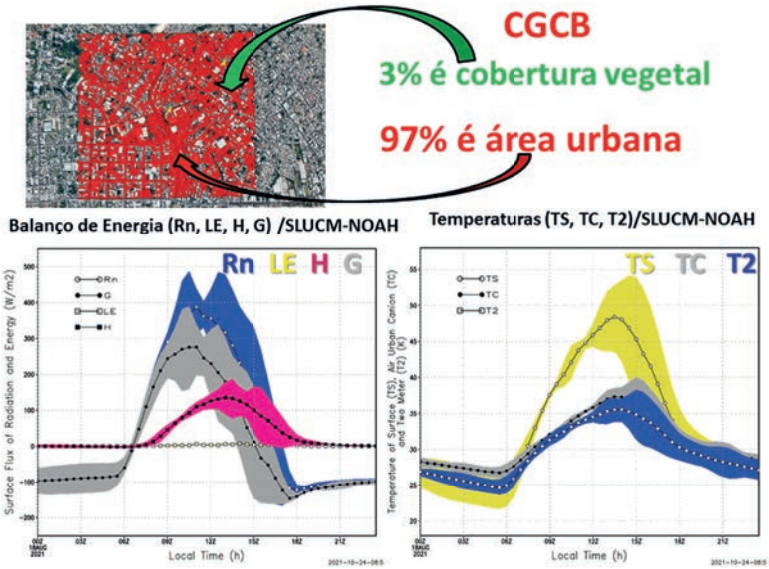


Figura 53: Resultados dos componentes do balanço de energia (Rn, LE, H, G) e da temperatura da superfície (TS) e da temperatura do ar a 2m (T2) simulados pelo modelo SLUCM/NOAH, para a área do CGCB. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

Medidas Meteorológicas Móveis

Para ampliar a coleta de dados em locais onde não foi possível a instalação de torres fixas, foi construída uma plataforma móvel de monitoramento de elementos meteorológicos, como medidas de temperatura e umidade do ar, radiação solar, direção e velocidade do vento, temperatura infravermelha da atmosfera e da superfície.

Essa plataforma foi constituída de um triciclo elétrico, uma estação meteorológica Hobo, sensores termohigrômetros (THB-M002-Hobo), piranômetro (S-LIB-M003-Hobo), anemômetro (S-WCF-M003) e um sensor digital de temperatura infravermelha (IR-MLX90614) e temperatura e umidade do ar (DHT22). A plataforma foi denominada de ***Biciclima*** e está sendo utilizada na coletada de dados em áreas urbanas abrangendo os ambientes de edifícios e de áreas verdes da Bacia Hidrográfica do Educandos. As medidas são obtidas através de campanhas experimentais durante dias de céu claro e abrangem a superfície e a atmosfera até 2 metros de altura, com taxa de amostragem de 1 segundo.

Os dados coletados mostram uma variedade de processos que ocorrem em escala local e o complexo efeito antropogênico no clima urbano verificado através das medidas obtidas. Os padrões de aquecimento da superfície e do ar estão fortemente correlacionados e às características urbanas em escala local. Além disso, verifica-se que a presença de áreas verdes em meio aos quarteirões urbanos tem papel fundamental na regulação do aquecimento diurno em baixos níveis da atmosfera, e a adoção de ruas largas sem a presença de cobertura vegetal culmina em altos valores de aquecimento da superfície e do ar até 2 metros (Figura 54).

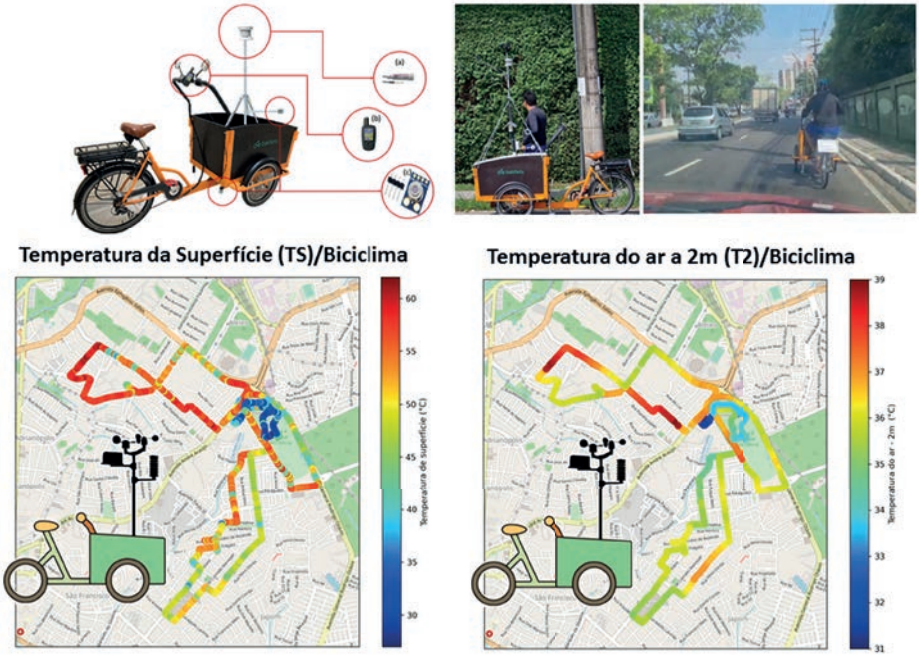


Figura 54: Medidas de temperatura de superfície (ºC) e temperatura do ar a 2 metros (ºC), obtidas através da campanha de monitoramento utilizando os sensores da Biciclima. Fonte: Laboratório de Modelagem Climática – INPA.

2.2 Rede de Química Ambiental

Inicialmente foram feitas visitas técnicas a campo para reconhecimento e detalhamento, e definição dos pontos de coleta na Bacia Hidrográfica do Educandos. Foram utilizados sistemas de posicionamentos geográficos e fotografias, além de um mapa temático. Foram visitados os pontos de monitoramento já definidos por outras equipes do Projeto IETÉ, como o IFAM da Zona Leste e o IFAM do Distrito Industrial,, além de toda a área das cabeceiras da Bacia do Quarenta. Em alguns dos locais visitados, foram coletadas amostras de água que serviram para análises preliminares. Assim, estabeleceu-se um número de 8 pontos de coleta, ao longo da Bacia Hidrográfica do Educandos, conforme apresentado na Figura 55.

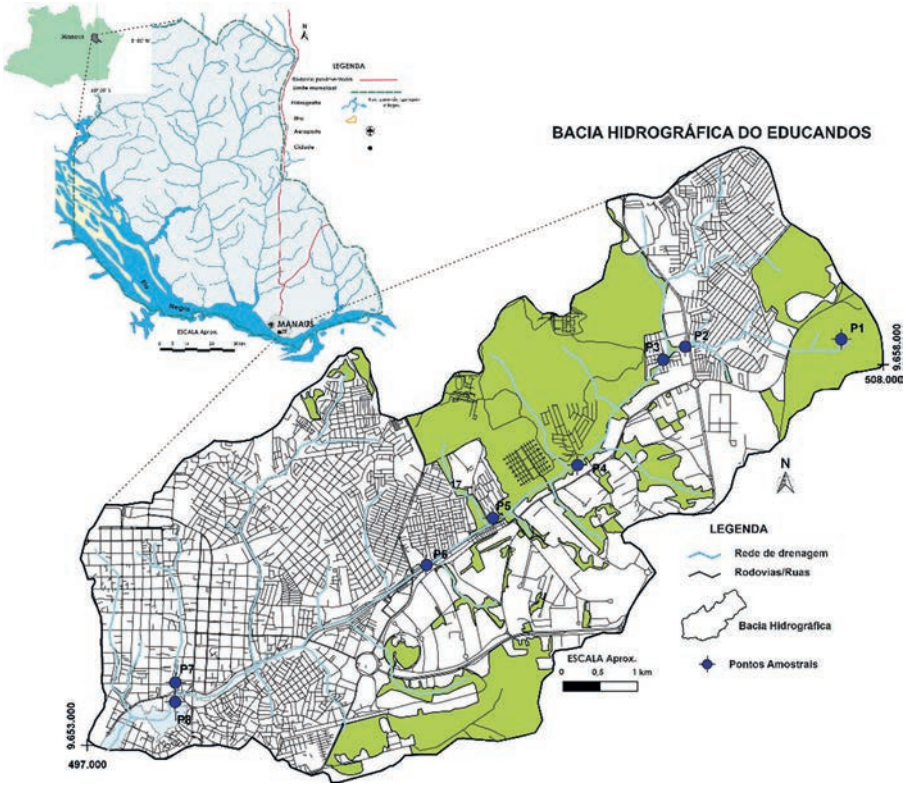


Figura 55: Pontos de amostragens para análises do grupo de química ambiental – Projeto IETÉ.

Abaixo, apresenta-se uma breve descrição dos pontos amostrais definidos (estações de coleta) para o grupo de química do projeto IETÉ:

1 – **Reserva Sauim Castanheiras** – Localizado dentro desta reserva, sendo bastante protegida por vegetação. No entanto, há o inconveniente de um fluxo (vazão) de água muito pequeno, a ponto de dificultar a coleta no setor lótico (corrente) sem turvar a amostra (pois é tão raso, que não há como evitar suspensão do sedimento no procedimento de coleta). Existe, no entanto, um momento em que o canal deste fluxo é alargado e aprofundado (talvez até artificialmente) formando um ambiente lêntico (pequeno lago), de aproximadamente 2 a 3 metros de comprimento por 1,5 metros de largura, sendo a parte mais profunda aproximadamente 40 centímetros (todas estas medidas são imprecisas). Este foi definido como ponto de coleta, entretanto o fluxo é tão pequeno que mesmo um lago com estas dimensões possui tempo de residência suficiente para permitir redu-

ção de oxigênio. Portanto, são registrados valores baixos de oxigênio neste local, o que é incomum para uma nascente.

2 – **Conjunto dos Industriários (Borra)** – Este ponto de coleta está localizado pouco antes da junção com o Igarapé da Estação 3, descrita a seguir. Cabe aqui chamar a atenção para o motivo do nome Borra: este braço do Igarapé do Quarenta nasce na Reserva Sauin Castanheiras e, ainda na reserva, recebe uma carga de resíduo proveniente de tratamento de água (borra). Mesmo recebendo volumes de água na mesma ordem do seu, a junção de ambos ainda segue por um bom trecho em coloração amarronzada (por efeito da borra), de modo que até na Estação Manaus 2000 pode ser visualizada.

3 – **Conjunto dos Industriários (antes da junção)** – Este braço nasce dentro do IFAM Zona Leste e sua bacia parece ser menos influenciada pelas indústrias do que a bacia do Igarapé da Borra. No entanto, é nítida a carga de esgoto que recebe. Poucas dezenas de metros à frente, junta-se com o Igarapé da Borra.

4 – **Taylor** – Este é o primeiro ponto após a junção dos igarapés acima, sendo visivelmente influenciado em sua coloração pelo Igarapé da Borra.

5 – **Manaus 2000** – Neste ponto, há aterramento de um trecho da margem esquerda para dar abrigo a uma parte do conjunto residencial Manaus 2000. A estação fica próxima a uma passarela de madeira utilizada pelos moradores locais para alcançar a outra margem. Neste trecho, a margem direita possui uma vegetação um pouco densa e na margem esquerda há uma sequência de árvores ao lado do igarapé que permite sombreamento parcial do mesmo.

6 – **Studio 5** – Nesta estação o igarapé já se encontra canalizado, com visível acúmulo de solos arrastados. A impressão é que houve um alargamento do igarapé e em seguida a canalização. Normalmente os igarapés canalizados parecem mais rasos, apresentando bancos de areia.

7 – **Foz da Cachoeirinha** – O Igarapé da Cachoeirinha é um tributário do Igarapé do Quarenta. Encontra-se também canalizado e atravessa uma área fortemente urbanizada. Sua bacia não tem relação alguma com o Distrito Industrial, portanto espera-se apenas contaminação por esgoto doméstico.

8 – **Foz do Quarenta** – Situada próximo ao Ponto de Atendimento ao Cidadão – PAC Educandos. Neste local, prevalece um visual de estruturas de concreto e uma faixa de gramíneas nas margens.

O monitoramento teve início em 12/09/2019. As coletas envolvendo todos os pontos, só foram possíveis a partir de 14/11/2019. A partir desta data foram realizadas coletas de dados duas vezes por mês, até a interrupção da atividade, em março de 2020, devido a pandemia do vírus COVID-19.

Existem diversos poços tubulares em operação por toda a Bacia Hidrográfica do Educandos, alguns em órgãos públicos, outros em empresas particulares e até áreas residenciais.

A finalidade principal dos estudos nestes poços é acompanhar o comportamento do lençol freático nesta área do aquífero, submetida à intensa explotação. Uma finalidade secundária é aproveitar os dados para coletar amostras de água subterrânea, visando investigar a qualidade da água. Além destes poços, existem ainda pesquisas em águas subterrâneas feitas através de piezômetros. O grupo de Química Ambiental do Projeto IETÉ tem como finalidade principal estudar a interação entre as águas superficiais e subterrâneas.

As amostras de água dos poços profundos foram realizadas via bombeamento, por intermédio de bombas submersas já instaladas no próprio poço (propriedade particular). Antes da coleta da água, o poço foi mantido em funcionamento por período maior que 10 minutos para que houvesse o descarte do material contido na tubulação. Quanto às coletas nos poços de monitoramento mais profundos (maiores que 40 metros), a amostragem foi feita via *baile*.

Logo, foram recolhidos 500 mL de água para análises de pH, condutividade elétrica, alcalinidade, turbidez, índices de ferro, amônio, nitrato, cloreto, fosfato, sulfato, fósforo total e nitrogênio total. Para as águas de poços não foram analisados o oxigênio dissolvido e nem demanda bioquímica de oxigênio. O pH e a condutividade elétrica foram determinados por métodos eletroquímicos. A alcalinidade foi analisada por volumetria de neutralização e os íons ferro, nitrato, nitrito, cloreto, fosfato, sulfato, fósforo total e nitrogênio total foram determinados por espectrofotometria, com o uso do FIA. Cálcio e magnésio foram determinados por volumetria de complexação, utilizando o EDTA. Todos esses parâmetros foram analisados no laboratório do INPA. Amostras foram armazenadas e preservadas com ácido nítrico bidestilado para análise de metais por espectroscopia de absorção atômica no Laboratório de Pesquisa para Reuso de Água da SAMSUNG.

Parte da equipe do grupo de Química participou como observadora na Qualificação e Certificação do AAS (espectrômetro de absorção atômica) no Laboratório de Pesquisa para Reuso de Água da SAMSUNG, realizado pelo especialista técnico da SHIMATZU. Nessa atividade, foi possível verificar as condições de operação do AAS da SAMSUNG e pôde-se ainda desenvolver a produção de uma curva de calibração para ferro e estanho, utilizando o forno de grafite do referido aparelho.

Como resultados preliminares, os valores de pH e condutividade elétrica (Figura 56) já demostraram um alto grau de impacto nas águas da Bacia Hidrográfica do Educandos (Igarapé do Quarenta e afluentes). O pH normal para a região deve ser próximo de 4,5, contudo, o que se analisou foram valores acima de 5,0. O valor limite de condutividade elétrica para as águas do sistema de águas pretas, a qual o Igarapé do Quarenta está inserido, é de 20 µS/cm.

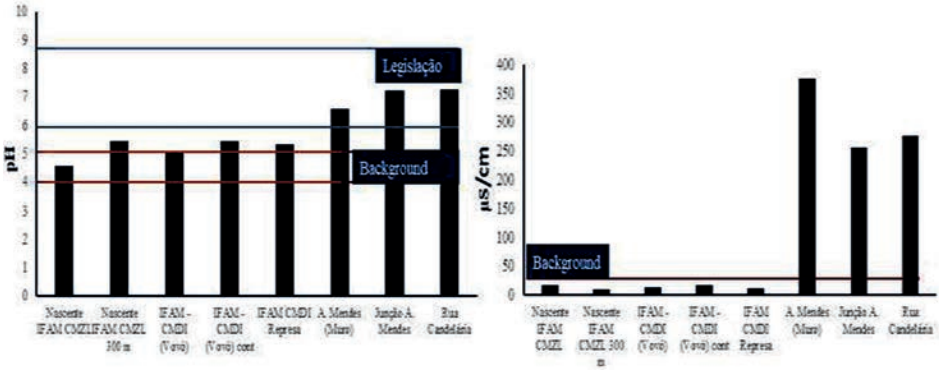


Figura 56: Resultados preliminares do pH e da condutividade elétrica para o Igarapé do 40. Manaus – AM.

Também destacam-se as correlações observadas para cloreto x nitrato e amônio x nitrato (Figura 57). Enquanto a primeira caracteriza a influência de esgotos domésticos (KIM et al., 2015), a segunda demonstra a influência de fossas sépticas. Os valores determinados para o íon cloreto são completamente atípicos e podem estar contribuindo para as taxas elevadas de condutividade elétrica.

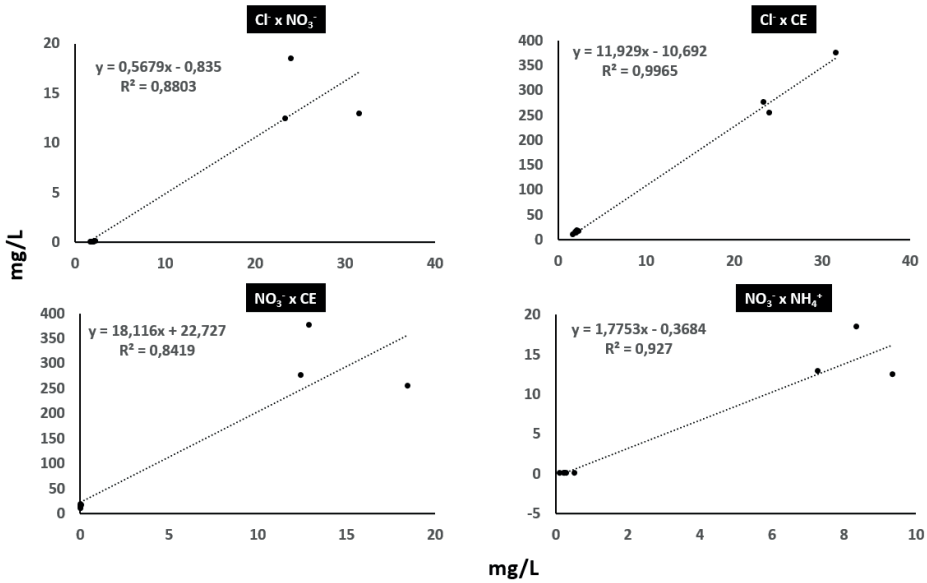


Figura 57: Resultados preliminares das relações entre as variáveis analisadas. Manaus – AM.

Como resultado das amostras analisadas, tem-se como diagnóstico preliminar que as águas superficiais da Bacia Hidrográfica do Educandos estão comprometidas do ponto de vista químico. Os resultados até o momento destoam dos estabelecidos pela legislação vigente e dos trabalhos clássicos encontrados na literatura científica sobre as águas amazônicas. O mesmo se aplica ao local amostrado de água subterrânea.

Quanto às águas de poços tubulares, a mineralogia sugere águas bicarbonatadas, haja vista esse íon ser o mais abundante entre os analisados (Figura 58). Dessa forma, como a geologia da cidade de Manaus é representada por uma litologia muito intemperizada e pobre de íons, isso reflete a baixa mineralização dessas águas. O íon cloreto e o íon silicato apresentaram-se como íons intermediários, enquanto nitrito e fosfato apresentaram concentrações próximas ou até abaixo do limite de detecção das análises, o que denota a pouca contribuição destes eletrólitos para as águas dos poços estudados.

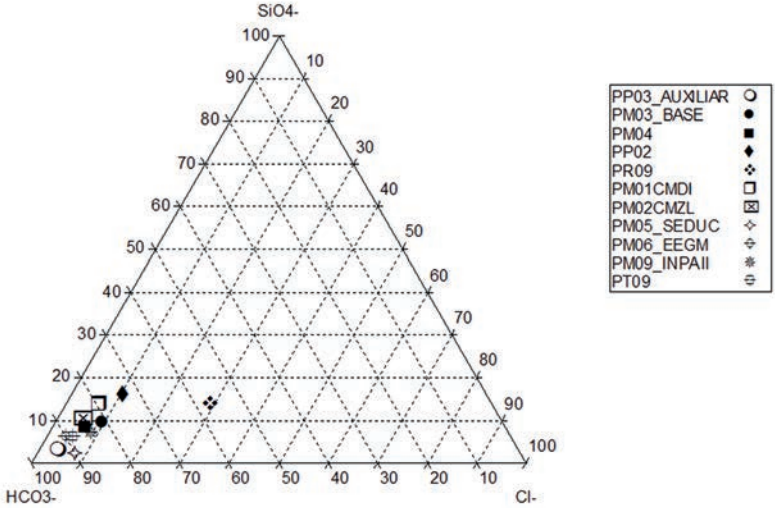


Figura 58: Mineralogia das águas de poços – águas tendendo ao campo do íon bicarbonato: águas bicarbonatadas. Manaus – AM.

Usam-se alguns testes químicos e geoquímicos para avaliar corpos de água subterrâneo, como razões iônicas ou correlações entre íons. Uma importante correlação é a estabelecida entre os íons cloreto e nitrato, sendo que uma boa correlação entre esses íons sugere infiltração de esgotos domésticos nas águas subterrâneas. A seguir, tem-se a correlação observada para os poços analisados (Figura 59).

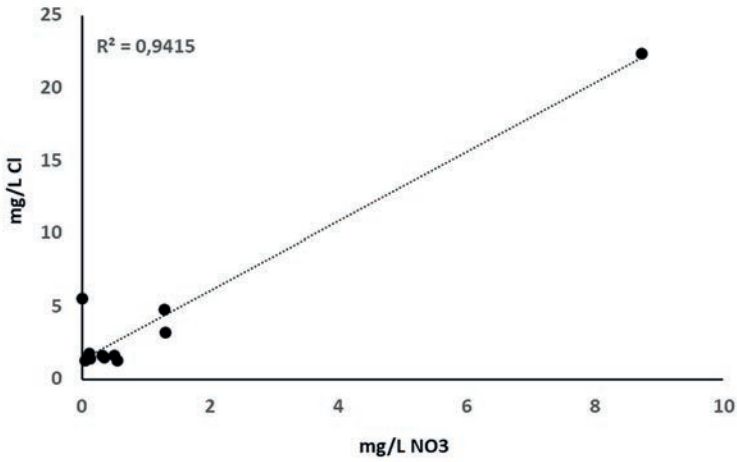


Figura 59: Correlação entre os íons cloreto x nitrato nas águas subterrâneas – Manaus – AM.

Verificou-se uma boa correlação entre os íons cloreto e nitrato, sugerindo influência antrópica nesse conjunto de amostras. A proximidade com o leito principal do Igarapé do Quarenta pode estar ocasionando fenômenos de interação entre essas águas ou ainda influência de fossas sépticas. Entretanto, os dados baixos de nitrato para a maioria das amostras contrariam essa tese, recaindo numa possibilidade de limpeza inadequada desses poços com agentes químicos, como cloretos na composição.

Os íons nitrogenados são os maiores responsáveis por contaminação química de aquíferos no mundo, sendo o íon nitrato o mais problemático. Notou-se nas águas analisadas é que íon amônio prevalece em detrimento do nitrato, possivelmente em função dos baixos teores de oxigênio nessas águas – o que se deduz que são ambientes redutores e não oxidantes.

O íon amônio prevalece nas águas analisadas, favorecido pelo ambiente redutor. Contudo, ao estudar e explorar águas subterrâneas deve-se trabalhar com critérios de potabilidade a partir da Portaria 888/2021 do Ministério da Saúde. Nesta Portaria, limita-se os valores de nitrato e de amônio em 10 mg L^{1-} e 1,2 mg L^{-1}, respectivamente. Dessa forma, o poço localizado próximo à Seduc – PM05 Seduc, apresenta contaminação por nitrato e por amônio, o que insere esse poço sob suspeição. O PP03_auxiliar também apresentou contaminação por amônio (Figura 60).

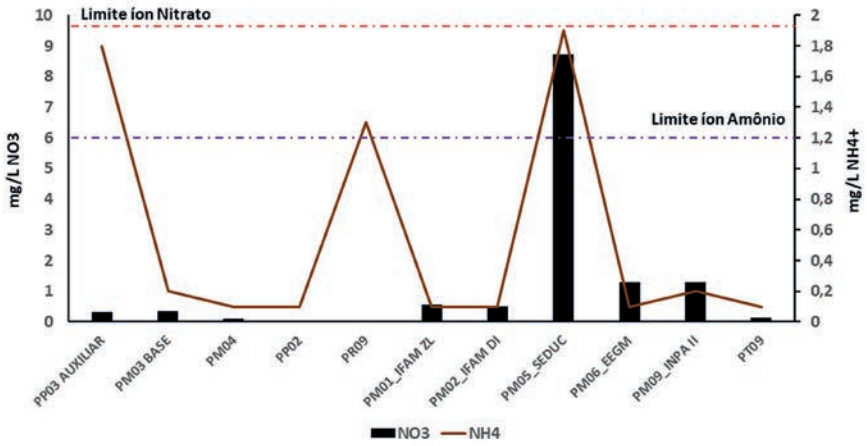


Figura 60: Variação do íon nitrato e amônio nos poços analisados – Manaus – AM.

As amostras das águas superficiais da BHE foram relacionadas com as águas subterrâneas de poços ao entorno do Igarapé do Quarenta. Após dois testes utilizando as razões Mg/Na – Ca/Na e HCO_3-/Na – Ca/Na, os resultados sugerem que as águas trazem, na sua maioria, uma assinatura iônica de silicatos, o que condiz com a geologia da região. A exceção é o Ponto P2 no campo dos evaporitos (Figuras 61 e 62). Os altos teores de cloreto nesse local podem ter favorecido esse resultado, entretanto, o que chamou a atenção nesses resultados é a similaridade observada do poço da Seduc com os pontos P5 e P6. Esse poço traz a mesma assinatura iônica dos pontos da Manaus 2000 e Studio 5. Isso sugere que as águas têm a mesma natureza ou a mesma procedência. Resta saber se o fluxo desta água está no sentido poço – Igarapé do Quarenta ou sentido Igarapé do Quarenta – poço. Tais respostas serão apresentadas, por testes geofísicos.

A assinatura iônica que mais chamou atenção nesse teste foi ao do Poço da Escola GM (PT GM). Embora não seja a mesma assinatura iônica, há uma similaridade entre as águas do ponto do Industriário – P3 com as águas da escola citada.

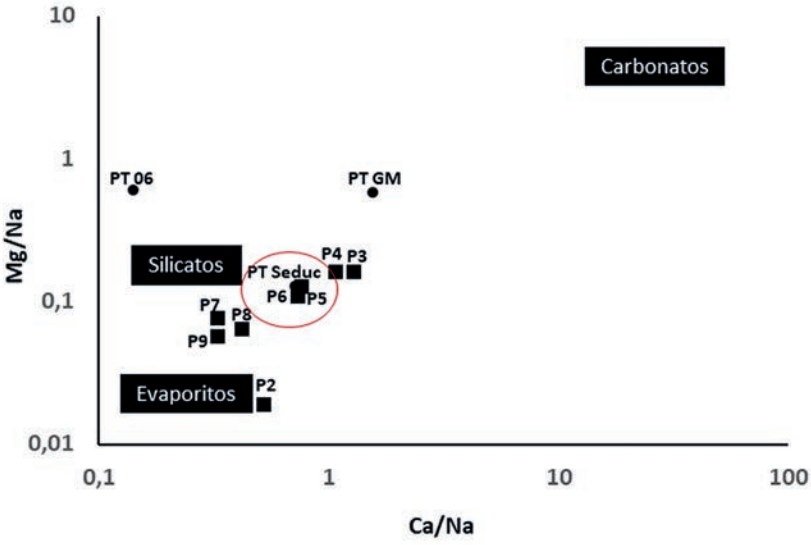


Figura 61: Razões iônicas de Mg/Na em função das razões iônicas de Ca/Na. Manaus – AM.

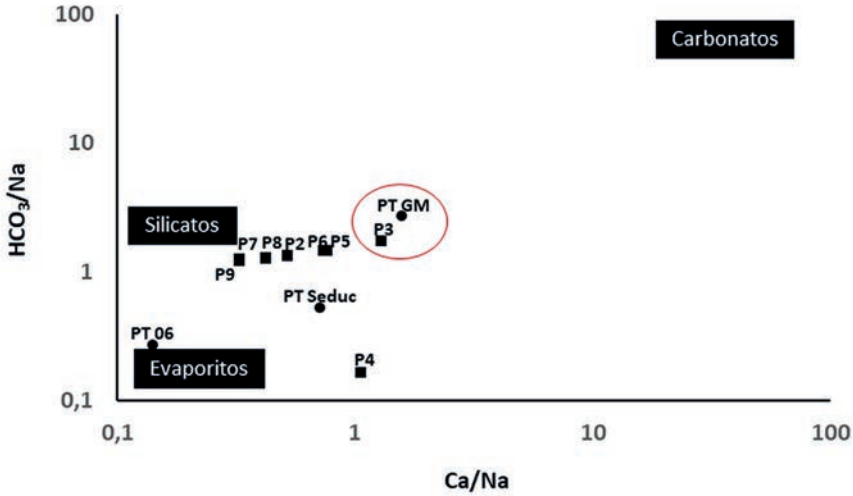


Figura 62: Razões iônicas de HCO3-/Na em função das razões iônicas Ca/Na. Manaus – AM.

2.3 Rede de Hidrologia

Com o objetivo de estabelecer áreas para a instalação de pontos de monitoramento hidrológico, foram realizadas visitas de campo na bacia do Educandos.

Esta bacia situa-se no município de Manaus/AM, que possui uma rede hidrográfica formado por diversos cursos d´água distribuídos em 9 (nove) bacias hidrográficas: Colônia Antônio Aleixo, Educandos, Mauá, Puraquequara, Ponta Pelada, Refinaria, São Raimundo e Tarumã. As maiores bacias, Puraquequara e Tarumã, abrangem área urbanizada e rural, as demais estão em área urbana (MACENA; COSTA, 2012) e a maioria drena-se para o Rio Negro.

As visitas técnicas na Bacia Hidrográfica do Educandos tiveram como objetivo principal o estabelecimento de pontos de monitoramento hidrológico. Foram observadas várias características dos cursos d'águas, destacando:

- Nascentes preservadas, mas sob pressão antrópica;
- Áreas verdes como importantes locais de recarga da água subterrânea: Universidade Federal do Amazonas-UFAM, Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras e

Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus, Zona Leste (IFAM/CMZL);

- Parte dos cursos d'água estão canalizados;
- Moradias dentro de cursos d'água;
- Trecho de igarapé com vegetação ciliar;
- Lixo lançado nas margens e dentro dos igarapés;
- Lançamento direto de esgoto no igarapé;
- Assoreamento nos cursos d'água;
- Áreas inundáveis.

Durante a elaboração do Projeto IETÉ, foram estimadas 4 estações de monitoramento hidrológico ao longo da bacia hidrográfica do Educandos. Nas visitas à bacia hidrográfica, procurou-se identificar locais para a instalação de pontos de medições hidrológicas, como áreas com nascentes e sem habitação e trechos ao longo da bacia. Foram identificadas duas áreas com nascentes: Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Zona Leste (IFAM/CMZL) e Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras.

Conforme Passos (2011), o Campus do IFAM, situado na Zona Leste de Manaus, possui uma área de 164 hectares, e abriga uma das nascentes da Bacia Hidrográfica do Educandos. A área onde está a nascente tem as coordenadas de 3005'05.93" S e 59056'10.78" O, com aproximadamente 1148.92 m^2 (CONCEIÇÃO et al., 2020). De acordo com Barbosa et al. (2020), nessa área a composição florística guarda características de um fragmento florestal preservado com algumas árvores oriundas da floresta de terra firme nativa preexistente, e a vegetação arbustiva-arbórea é representada por 50 espécies, distribuídas em 23 famílias e 42 gêneros. No local há uma represa desativada e, à sua jusante, foi definido um ponto de monitoramento.

Na área da instituição há um lago artificial, que foi represado por uma barragem de terra (Figura 63). A água drena por uma tubulação tipo bueiro, que está permanentemente aberto para a saída de água.

À jusante da barragem foi instalada uma régua linimétrica, onde são feitas medições de vazão e de nível de água. O curso d'água apresenta característica livre de atividades antrópicas e não foi observado a presença de dejetos. No local há segurança da instituição, mas devido à proximidade de moradias, pode-se afirmar que o local é relativamente desprotegido.

(A) (B)

Figura 63: Lago artificial desativado do Instituto Federal do Amazonas (A) e bueiro para drenagem (B) – Campus Manaus Zona Leste (IFAM/CMZL).

A outra área com nascente monitorada está localizada no Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras, que é uma Unidade de Conservação administrada pela Prefeitura de Manaus por meio da Secretaria Municipal de Meio Ambiente e Sustentabilidade (SEMMA). Encontra-se no perímetro urbano, possuindo uma área de 95,45 hectares.

No interior da Unidade de Conservação, o curso d'água apresenta fluxo muito lento, não sendo possível quantificar a velocidade corrente, pois está abaixo da sensibilidade de medição. Na borda da Unidade de Conservação, onde o curso d'água desemboca, o leito encontra-se colmatado por material com características diferentes às encontradas no centro da Unidade. Também observou-se que há circulação de pessoas nessa área, o que torna local vulnerável para se manter um ponto de medição com régua linimétrica e posterior instalação de sensor para medição do nível d'água automático. Logo após a saída, do outro lado da Avenida Eixo Norte Sul, em uma propriedade particular, foi instalada uma régua linimétrica para quantificar vazões provenientes da Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras (Figura 64).

Figura 64: Localização do ponto de monitoramento para quantificar vazões provenientes da Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras.

Após os limites das áreas das nascentes, percorreu-se a região do curso d'água no bairro Armando Mendes e na Comunidade da SHARP, não sendo possível encontrar local para medição de variáveis hidrológicas e estabelecer um ponto de monitoramento, devido à elevada densidade habitacional (Figura 65).

(A)

(B)

Figura 65: Comunidade da Sharp. Curso d'água com nascente na Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras (A) e presença de lixo no curso d'água com nascente no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Zona Leste (IFAM/CMZL) (B).

No conjunto dos Industriários encontram-se os tributários que têm as nascentes no Campus do IFAM da Zona Leste e no Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras. Foram estabelecidos três locais de medições hidrológicas, sendo dois antes da junção (um em cada tributário) e um outro logo após o encontro desses cursos d'água (Figura 66).

Nesses locais notou-se a presença de lixo, inclusive descarte de material hospitalar nas margens e no fundo dos corpos d'água e sendo transportados em seu curso. Também observou-se descarte de resíduos de construção civil nas margens, assoreamento, e lançamento direto de esgoto no curso d'água. Os locais são desprotegidos e sujeitos à inundações.

(A)

(B)

(C)

(D)

Figura 66: Localização do ponto de monitoramento no conjunto dos Industriários, curso d'água com nascente no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus Zona Leste (IFAM/CMZL) (A), ponto de monitoramento no conjunto dos Industriários, curso d'água com nascente na Unidade de Conservação Refúgio da Vida Silvestre Sauim-Castanheiras (B), ponto de encontro dos cursos d'água no conjunto dos Industriários (C) e Igarapé do Quarenta, no conjunto dos Industriários, após o encontro de dois cursos d'água e onde está localizado um ponto de monitoramento (D).

No trecho central do Igarapé do Quarenta, no conjunto Manaus 2000, foi determinado mais um local para medições hidrológicas. Nesse local o curso d'água recebe material descartado pela população (lixo urbano), resíduos de construção civil, e também ocorre assoreamento e inundações.

Após várias visitas à foz da Bacia Hidrográfica do Educandos, não foi possível estabelecer localização adequada para implantação de um ponto de monitoramento, devido à questões de segurança para instalação da régua linimétrica e sensor automático para medição de nível d'água. Mesmo assim, foram realizadas medições de vazão.

O conhecimento do estado da qualidade e da quantidade da água dos cursos d´água contribui com informações que poderão auxiliar na restauração e na proteção de áreas preservadas. Estudar estes recursos é estratégico para a sociedade, pois vários dos igarapés eram utilizados pela população manauara como locais de lazer, e isso se mostra de suma importância para a cidade de Manaus.

No município de Manaus existem locais protegidos, como a Reserva Florestal Adolpho Ducke, que possui várias nascentes de igarapés que drenam tanto para a bacia do Tarumã quanto para a bacia do Puraquequara. Essas nascentes, enquanto estiverem intactas, são fontes de informação para a gestão dos recursos hídricos superficiais no município, pois mantêm a qualidade da água de ambiente natural e poderão contribuir com parâmetros para a viabilidade de restauração e revitalização de igarapés impactados.

Em área urbana, na Bacia Hidrográfica do Educandos, que tem como principal curso d`água o Igarapé do Quarenta, e possui outros tributários: Cachoeirinha, Mestre Chico, Manaus, Bittencourt, dentre outros. Em área de floresta primária, na microbacia hidrográfica do Igarapé Açu, localizada na vicinal ZF-2 (km 34), da rodovia BR-174, distando em linha reta à 50 km ao norte de Manaus, abrange uma área de aproximadamente 22.700 km^2. Está inserida na Reserva Biológica do Cuieiras, do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A área em questão servirá como uma área-controle para verificar o efeito da antropização na qualidade dos recursos hídricos em área urbana.

Para as medições de vazão foram selecionadas 3 estações hidrológicas ao longo da Bacia Hidrográfica do Igarapé Açu e na Bacia do Educandos, totalizando 10 estações hidrológicas (Tabela 04).

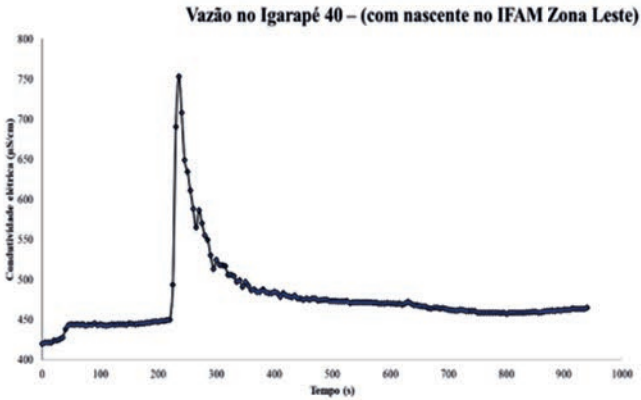
Tabela 04: Locais de medições de vazão com suas coordenadas geográficas.

SIGLA	LOCAL	COORDENADA
VZ1	SAUIM CASTANHEIRA	S 03´094.60 W 059 930 30
VZ2	IFAM ZL	S 03´084.64 W 059 937 13
VZ3	Conj. Industriário (Saída do IFAM ZL)	S 03´094.84 W 059 950 75
VZ4	Conj. Industriário (Saída do Sauim)	S 03´094.43 W 059 949 65
VZ5	Conj. Industriário (ponte junção)	-
VZ6	Japiim – Manaus 2000	S 03´115.33 W 059 971 32
VZ7	ZF2 – SEÇÃO I	
VZ8	ZF2 – SEÇÃO II	S 02 36 78 3 W 60 12’26,59
VZ9	ZF2 – SEÇÃO III	-
VZ10	Foz – Educandos	S 03´136.25 W 060 009 87

As medições de vazão vêm sendo realizadas por três métodos, a saber:

- **Método da diluição (traçador químico)**

A aplicação deste método de descarga química baseia-se nas diferenças de concentrações de marcador químico específico na água do rio. Consiste em injetar uma solução concentrada de produtos químicos de título conhecido, em uma seção transversal de escoamento de fluido em regime permanente e estacionário, determinando a jusante dessa seção, a nova concentração. Para exata medição, a concentração do traçador na água do curso deve ser baixa, o traçador deve ser facilmente detectável com medidores portáteis – condutividade elétrica (CE) – Condutivímetro. Um rastreador comum usado em estudos de rios é o NaCl (sal de cozinha) (Figura 67).



(A) (B)

Figura 67: Metodologia aplicada para medição da vazão nos igarapés (A) e Curva do comportamento do traçador no igarapé no Igarapé do Quarenta (com nascente no IFAM Zona Leste) para a determinação da vazão (0,086 m^3/s) (B).

- **Método de medição de velocidades (medidor de fluxo)**

A medição de vazão para compor a curva-chave em uma seção transversal de um igarapé também classicamente é efetuada com o auxílio do medidor de fluxo, denominado molinete, com o qual se obtém a medida da velocidade da corrente do igarapé em pontos preestabelecidos. O medidor de fluxo é um equipamento destinado a medir a velocidade da água, com possibilidade de medição em diferentes profundidades do curso d'água. Este equipamento assemelha-se a um cata-vento, cujas hélices giram com maior ou menor velocidade, dependendo da velocidade da água.

O medidor de fluxo que vem sendo utilizado é o da marca *The Global Water Flow Probe*, ideal para estudos de escoamento de águas fluviais, pois mede fluxos em pequenos cursos, como os nossos igarapés, e possibilita o monitoramento da velocidade da água também em valas e canais.

O cálculo realizado para encontrar a vazão com o medidor de fluxo é o seguinte:

$$Q = V \times A$$

Onde:

V: velocidade (m/s) e A: área (m^2).

- **Método Dopller Acústico de Velocidade – medidor portátil de vazão – (*FlowTracker2*)**

Desde a segunda quinzena de janeiro de 2020 vem-se utilizando o equipamento *FlowTracker2*, que utiliza o princípio do efeito Doppler (ADV – *Acoustic Doppler Velocimeter*). O equipamento (Figura 68) emite um pulso de frequência conhecida de onda sonora que, ao ser refletida em todas as direções por partículas em suspensão na água e do leito do curso d´água, parte das partículas retorna ao eixo receptor e é feita a medição da alteração no comprimento de onda. No receptor, o sinal medido do deslocamento da frequência é proporcional à velocidade das partículas.

Com a utilização destes três métodos de medição de vazão, espera-se definir a melhor utilização para os tipos de cursos d´água, visto que estão sendo estudados diferentes cursos: em área de floresta primária (ZF-2), áreas pouco impactadas (IFAM Zona Leste) e impactadas (área urbana).

Figura 68: Medição de vazão utilizando o *FlowTracker2*. Manaus – AM.

FlowTracker

Participação de membros do projeto IETÉ, do IFAM (CMZL) e da SAMSUNG em treinamento de campo com o medidor de vazão ultrassônico de efeito DOPPLER (Figura 69) que foi adquirido para o grupo da Hidrologia. Período de realização: 15 e 16 de janeiro de 2020. Local: Sítio Experimental da Reserva Florestal Adolpho Ducke – Igarapé Acará II. Treinamento ministrado pelo instrutor Cristiano, da *Clean Environment Brasil*.

Figura 69: Treinamento para Medidas de vazão utilizando o método acústico com Flow Tracker 2. Manaus – AM.

Para a utilização do equipamento *FlowTracker* em ambiente poluído, foi necessário confeccionar uma haste metálica (Figura 70) que serviu como suporte para o equipamento no leito do igarapé.

Figura 70: Haste metálica para ser utilizada como suporte do FlowTracker.

No período de medidas de vazão na área urbana, observou-se dificuldades para a obtenção do par cota-vazão nos locais de medições, devido ao assoreamento e dragagem do leito dos cursos d`água. Quando ocorre eventos de chuva, vários materiais são arrastados pela correnteza, chegando a encobrir as réguas linimétricas (Figura 71).

(A) (B)

Figura 71: Régua linimétrica instalada no Conjunto dos Industriários– VZ5 (antes chuva) (A) e parcialmente coberta por lixo (depois chuva) (B).

Como exemplo, a Figura 72 mostra os resultados de vazão medidos na bacia do Educandos. Os valores mais baixos foram medidos no IFAM da Zona Leste (VZ2), cujos resultados variaram de 0,002 a 0,085 m^3/s. Na Reserva Refúgio Sauim Castanheira (VZ1) os valores de vazão variaram de 0,009 a 0,403 m^3/s. Esses dois locais correspondem a duas nascentes da Bacia do Educandos, e suas microbacias não estão submetidas a intensa pressão antrópica, cujas medições vêm sendo realizadas com mais frequência. Os locais VZ3, VZ4 e VZ5 estão localizadas no Conjunto dos Industriários e as vazões, na sua maioria, são mais elevadas do que nas nascentes. As medições foram paralisadas no início da pandemia do vírus COVID-19, devido as suas águas estarem poluídas e contaminadas.

No Conjunto dos Industriários, o tributário com nascente do Refúgio de Vida Selvagem Sauim Castanheira encontra-se com o tributário que tem nascente no IFAM ZL. Este curso d'água percorre uma área maior do que o curso d'água que tem nascente na Refúgio de Vida Selvagem Sauim Castanheira, e esta deve ser a razão de seus resultados serem mais elevados, como se pode observar na Figura 12.

Ainda no Conjunto dos Industriários, no local VZ5, que fica à jusante da junção dos dois cursos anteriores, as medidas mostram que as vazões são somadas, com valor mais alto igual a 0,679 m^3/s. No Conjunto Manaus 2000 (VZ6) as medições estão paralisadas, o Igarapé do Quarenta, e após receber outros tributários a sua vazão aumenta, com valor mais elevado de 1,834 m^3/s.

Alguns pontos de monitoramento da vazão da área da BHE tiveram suas medidas suspensas devido à pandemia do vírus COVID-19, em virtude do potencial risco de contaminação dos técnicos no contato com as águas poluídas.

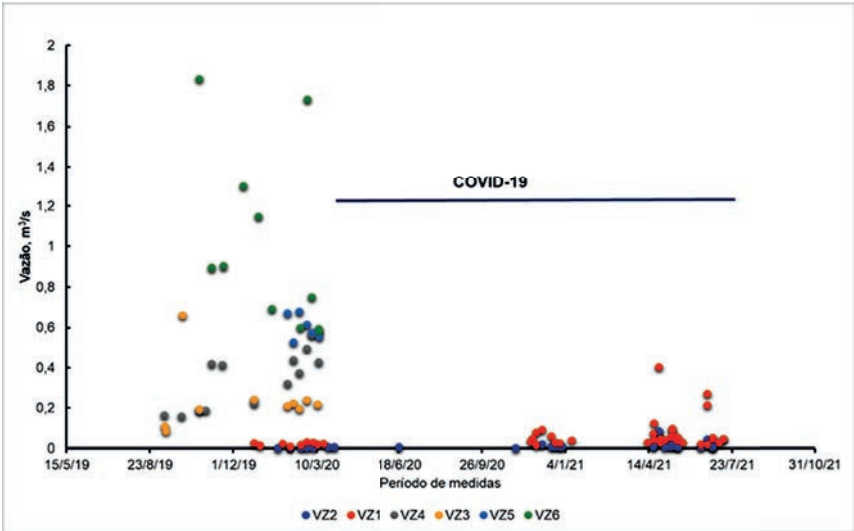
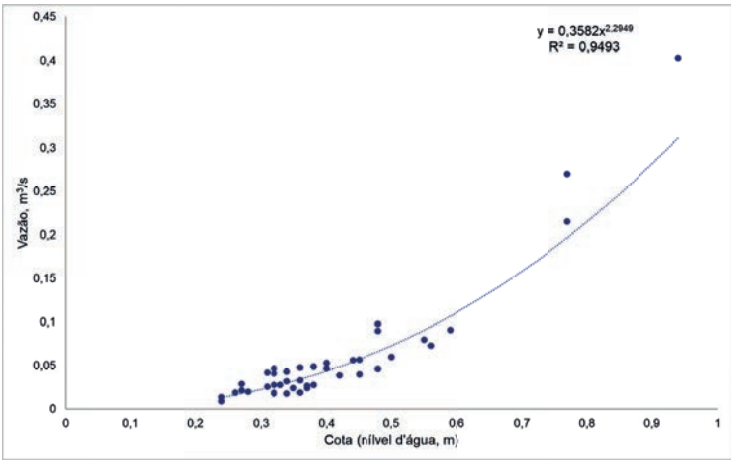
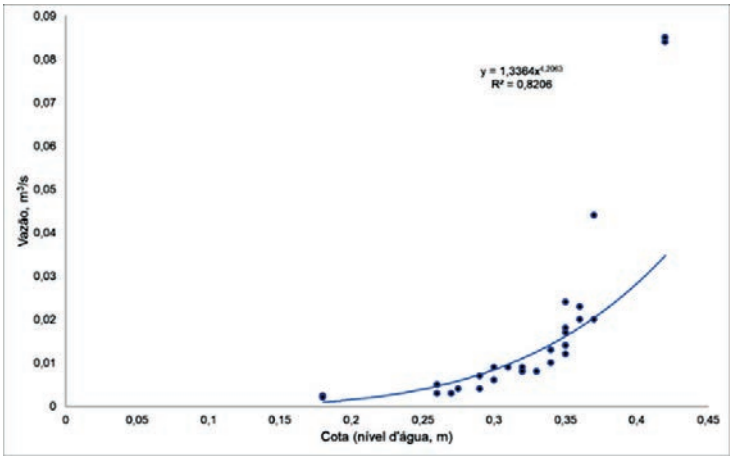


Figura 72: Resultados de vazão (m^3/s) em 6 locais de medidas em área urbana (VZ1- Sauim Castanheiras, VZ2-IFAM ZL, VZ4- Conj. Industriário (com nascente no IFAM CMZL, VZ3 – Conj. Industriário (com nascente no Refúgio da Vida Silvestre Sauim Castanheiras), VZ5 – Conj. Industriário (Jusante da junção dos cursos com nascente no IFAM e no Refúgio de Vida Silvestre Sauim Castanheiras), VZ6-Conjunto Manaus 2000 (Japiim).

Com um número maior de registros de cota (nível d'água) nos locais de medição de vazão (VZ1 e VZ2), foi possível determinar suas respectivas curvas-chaves, como apresentado na Figura 73. A conjunção das curvas-chave e das medições automáticas e contínuas de nível d'água dos igarapés nestes pontos de monitoramento, tornou possível gerar os hidrogramas das estações hidrológicas, e a determinação do escoamento superficial utilizado no estudo do balanço hídrico da BHE.



(A)



(B)

Figura 73: Curva-chave em construção da VZ1 (Refúgio da Vida Silvestre Sauim Castanheira) (A) e Curva-chave em construção (área do IFAM ZL) (B).

Foram confeccionados suportes de proteção (Figuras 74 e 75) para abrigar os sensores automáticos, instalados no leito dos igarapés em área urbana que são desprovidos de segurança, isto é, vulneráveis a sofreram danos por vandalismos. Os suportes foram tubos de aço, com 3 metros de comprimento, e na extremidade onde há uma abertura para remoção do sensor foi projetada uma tampa com cadeado, que só abre quando o mesmo é destravado. Também foram inseridos adesivos de identificação nos suportes.

(A) (B)

Figura 74: Suportes para abrigar os sensores de nível de água em área urbana (A) e tampa do suporte com sistema de travamento (B).

Figura 75: Suporte para abrigar sensor de nível de água e régua linimétrica instalados na estação hidrológica VZ6 (Japiim – Manaus 2000).

Com os registros automáticos dos sensores de nível de água (HOBO, *datalogger* medidor de nível automático) foi possível calcular a vazão. Na Figura 76, são apresentados alguns resultados, onde observa-se que na estação VZ1 as oscilações são mais intensas e que 0,310 foi o valor mais elevado, registrado no dia 03/07/2021, às 12h30min.

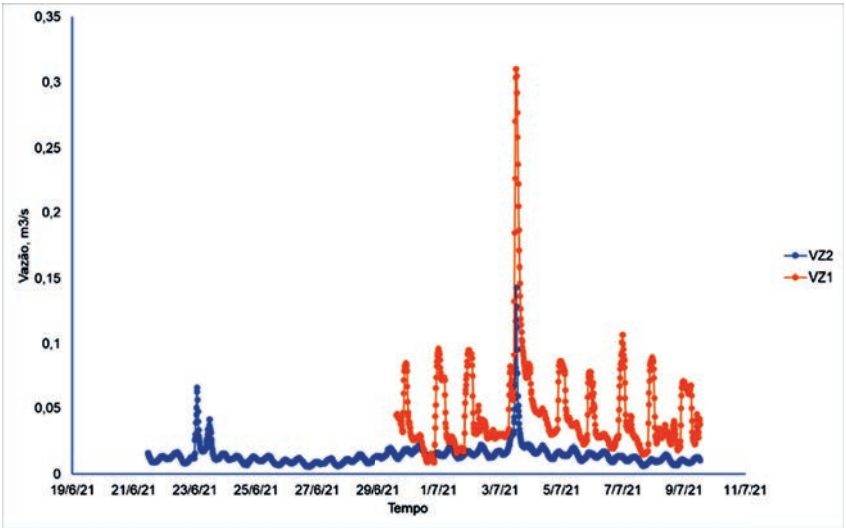


Figura 76: Hidrograma das estações hidrológicas VZ1 (Refúgio da Vida Silvestre Sauim Castanheira) e VZ2 (IFAM ZL).

2.4 Rede Hidrogeológica

Foram feitos levantamentos de 4.000 poços tubulares do banco de dados do SIAGAS-CPRM e posterior seleção de 430 poços tubulares, em função de dados técnicos construtivos, localização e descrição de perfis litológicos. Estes dados foram utilizados para o diagnóstico hidrogeológico da área de estudo e área circunvizinha.

Concomitante à feição e interpretação dos dados do SIAGAS-CPRM, foram perfurados 12 (doze) poços tubulares profundos para o monitoramento químico e hidráulico das águas subterrâneas da Bacia Hidrográfica do Educandos com objetivo de subsidiar o monitoramento ambiental e construção do balanço hídrico. Foram ainda feitos levantamentos geofísicos, utilizando métodos geoelétricos com a técnica da Sondagem Elétrica Vertical – SEV e Caminhamento Elétrico – CE, para investigação das características de subsuperfície, visando a melhor alocação dos poços de monitoramento. Além disso, foram realizadas visitas na área da Bacia Hidrográfica do Educandos para escolha dos locais de instalação de novos piezômetros e áreas para sondagens elétricas. Também foram utilizadas ferramentas digitais como o *Google Earth Pro* para identificação e escolha das áreas.

Poços de piezômetros foram construídos no Campus I (do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia), ao longo da calha principal do Igarapé do Educandos, na Reserva do ZF-2 (BR – 174) e na Reserva Florestal Adolpho Ducke, do Instituto Nacional de Pesquisa da Amazônia, para monitoramento das águas de infiltração de área urbana e área rural (sem impacto antrópico) e futuras correlações estatísticas.

Desenvolvimento dos piezômetros

Os piezômetros foram produzidos a partir de tubos de PVC reforçado de 6 metros de comprimento e 2 polegadas de diâmetro. Na extremidade inferior foram feitas fileiras de furos com broca de 7mm de diâmetro. A seção filtrante total possui 45 cm de comprimento e recebe 200 furos ao total. Ao fundo do tubo, foi posicionado um tampão para isolar a entrada de sedimentos do fundo do poço. O controle da quantidade de furos e do tamanho total da seção filtrante são importantes para os testes hidrodinâmicos (Figura 77).

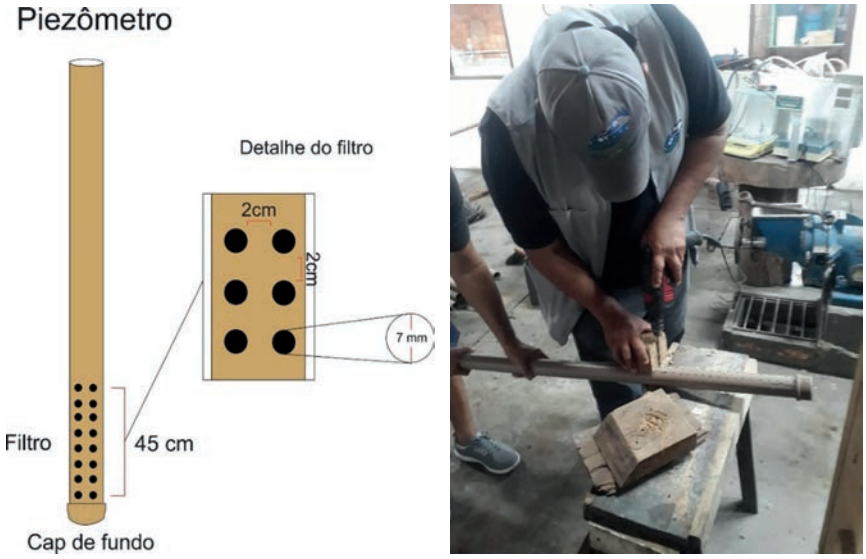


Figura 77: Esquerda: esquema de confecção dos piezômetros; Direita: perfuração dos tubos com furadeira. Laboratório de Hidrogeologia – INPA.

Sobre os furos do filtro foi posicionada uma tela de nylon para evitar a entrada de partículas pelos furos, e para fixação da tela nos tubos foram utilizadas abraçadeiras plásticas. Após essa etapa, os tubos foram encaminhados para o local de perfuração e instalação (Figura 78).

Figura 78: Esquerda: Tubos de revestimento com os furos do filtro; Direita: tela de proteção dos filtros. Laboratório de Hidrogeologia – INPA.

Antes do início da perfuração do solo para instalação do piezômetro, foi feito o nivelamento topográfico local, com o objetivo de compreender a hidrodinâmica subterrânea. Para isso, foi utilizado um nivelador topográfico à laser e uma régua (Figura 79).

Figura 79: Nivelamento de pré-instalação dos piezômetros. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Para a fase de perfuração e instalação, foram utilizados trados manuais, boca de lobo, enxadas, além de ferramentas para montagem das hastes dos trados. A perfuração iniciada com o auxílio de boca de lobo até a profundidade de 50 cm. As amostras foram coletadas em sacos de polietileno de 2kg, a cada mudança de tipo de solo perfurado. Cada amostra foi identificada e encaminhada para o Laboratório de Hidrogeologia do INPA para secagem e posterior destorroamento (Figura 80).

(A) (B)

Figura 80: Perfuração manual utilizando trado (A); Direita: coleta de amostras (B). Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

A profundidade prevista para os furos foi de cerca de 4 metros de profundidade e o controle da profundidade foi feito utilizando-se de uma trena. No momento em que alcançava-se essa profundidade, rapidamente os trados eram retirados e assim inseridos os tubos de revestimento, produzidos anteriormente, a fim de evitar o desmoronamento da parede do poço (Figura 81).

Figura 81: Controle da profundidade perfurada. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Em seguida, foi efetuada a limpeza do piezômetro via mangueira com uma válvula de pé com crivo, conforme mostra a Figura 82, retirada do sedimento acumulado no tubo durante a perfuração). A mangueira foi descida dentro do piezômetro com a válvula para baixo, ao entrar na água dentro do piezômetro o crivo da válvula se abre e permite que a água entre na mangueira. Nos movimentos repetitivos de subida e descida da mangueira dentro do poço, o crivo abre e fecha, permitindo a subida da água pelo tubo até ser elevada à superfície. A Figura 83 apresenta os piezômetros finalizados e em atividade.

Figura 82: Mangueira com válvula de pé com crivo para extração de água dos piezômetros. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Figura 83: Piezômetros instalados. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Após a instalação dos piezômetros, foi efetuado o nivelamento da altura da boca dos tubos, utilizando o método da mangueira, para que fosse possível a posterior determinação das linhas potenciométricas (direção do fluxo subterrâneo). Tratou-se de um método simples e bastante utilizado que se fundamenta no princípio dos vasos comunicantes. Para tanto, foi utilizada uma mangueira de nível de 50 metros de comprimento. A Figura 84 mostra, de forma esquemática, como funciona o método.

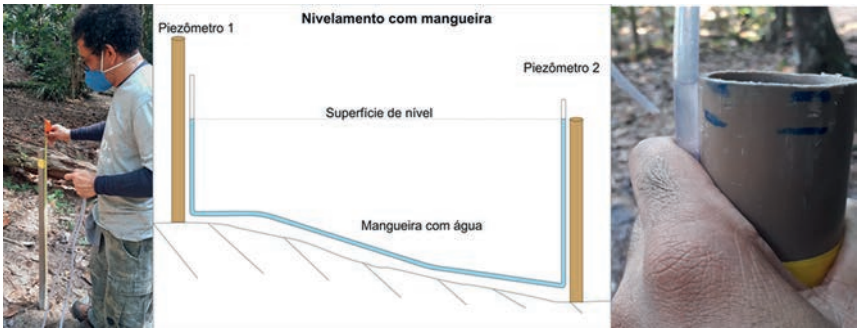


Figura 84: Nivelamento pelo método da Mangueira. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Após o nivelamento dos piezômetros, foi efetuado o nivelamento da área a fim de se compreender a topografia local. No primeiro nivelamento foram levantados 37 pontos. Após a fase de nivelamento de campo, os dados foram georreferenciados e levados ao ambiente GIS para a inter-

polação dos dados coletados. O software utilizado foi o Qgis 3.10, pelo método da Ponderação pelo Inverso da Distância (IDW – *Inverse Distance Weighted*).

Preparação das amostras

Durante a perfuração dos poços piezométricos, foram coletadas, sistematicamente, amostras do solo a cada 40 cm de profundidade perfurados, sendo cerca de 400 gramas de solo por amostra. Essas amostras foram acondicionadas em sacos de polietileno e identificadas para posterior análise.

Após a coleta, as amostras foram levadas para secagem, em temperatura ambiente, por 3 ou 4 dias. Após esse procedimento, foram acondicionadas em recipientes (Becker) para secagem na estufa. por um período de 24 horas em temperatura de 50°C. Em seguida, as amostras foram separadas granulometricamente nas frações areia grossa, areia média, areia fina, silte e argila, utilizando o agitador de peneiras para as frações de areia e o método da pipetagem para as frações finas (silte e argila) (Figura 85).

Figura 85: Acondicionamento, secagem e transferência das amostras para os recipientes e secagem na estufa. Laboratório de Hidrogeologia – INPA.

Após os procedimentos de secagem, as amostras foram individualmente homogeneizadas, destorroadas e, em seguida, quarteadas. Tais amostras então foram pesadas na balança (100 gramas) para separação via peneiramento por meio de vibração, por um período de 10 minutos (Figura 86).

Figura 86: Agitador eletromagnético de peneiras. Laboratório de Hidrogeologia – INPA.

As amostras de solo obtidas também foram analisadas e caracterizadas por suas classes granulométricas via *laser*, com o equipamento BETTERSIZE ST (Figura 87).

Figura 87: Analisador de tamanho e distribuição de partículas (0.1μm a 1.000μm) à laser. Laboratório de Hidrogeologia do INPA.

Poço profundo de monitoramento ambiental

Os poços profundos de monitoramento ambiental foram perfurados por meio de sonda rotativa. As profundidades variaram de 47 metros a 156 metros (Figuras 88 e 89). Não foram utilizados produtos químicos na lama de perfuração, para evitar possível mudança na composição química da água e do solo.

Figura 88: Sonda rotativa utilizada na perfuração e amostras das litologias coletadas.

Após o término das perfurações, foram instalados tubos de revestimento, produzidos em PVC geomecânico. Em seguida, foi construída a laje de isolamento sanitária e, com o auxílio de um compressor, foi efetuado o desenvolvimento do poço (bombeamento de água para limpeza do poço e dos poros das litologias).

Figura 89: Poços profundos de monitoramento ambiental finalizados.

O teste de bombeamento é utilizado para a determinação dos parâmetros hidrodinâmicos dos aquíferos e para verificar a qualidade da construção das obras de captação de água subterrânea, além de ser ferramenta indispensável para a determinação de vazões de explotação de poços (Figura 90).

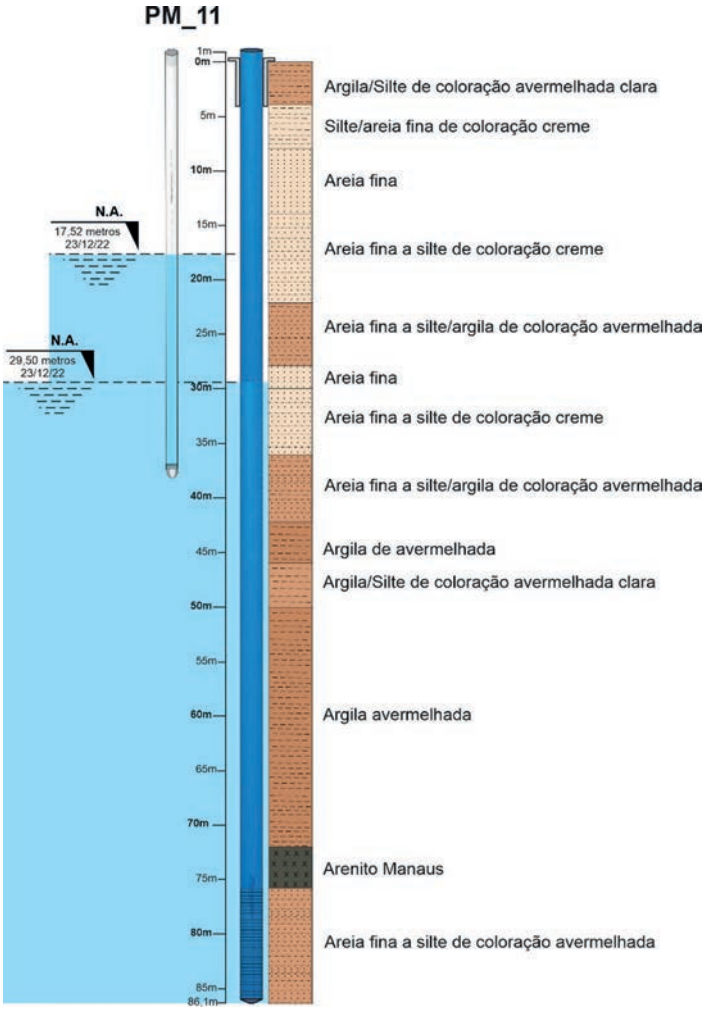


Figura 90: Esquema de poço profundo de monitoramento ambiental – INPA.

Para o teste de bombeamento (Figura 91), o Projeto IETÉ adquiriu equipamentos para que fosse possível a execução dos testes de bombeamento nos poços de monitoramento já instalados. Entre os equipamentos adquiridos, podemos destacar a bomba submersa de ½ CV de potência

e o conjunto edutor (tubos, luvas e curvas em 90°), além itens auxiliares como mangueiras, cabos de sustentação e outros. Devido à falta de energia elétrica em alguns locais onde estão instalados poços de monitoramento e devido à natureza do teste (bombeamento constante durante 24 horas), também foi adquirido um gerador de energia para provimento de energia constante durante os testes.

Figura 91: Montagem de equipamentos para teste de bombeamento. Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

Nos poços profundos de monitoramento, foram instalados sensores de nível de água da marca HOBO, com compensação barométrica (Figura 92).

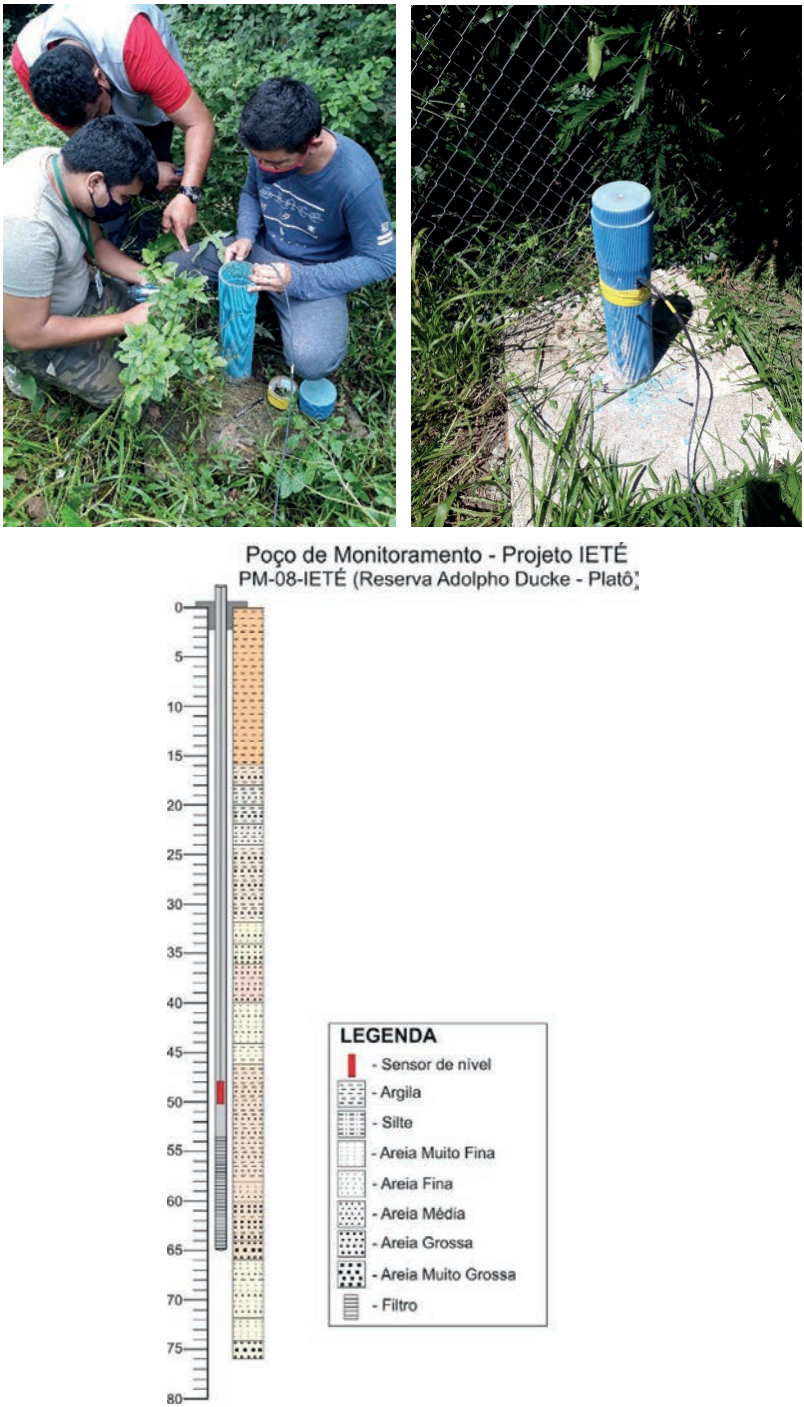


Figura 92: Instalação do sensor de nível no poço de monitoramento da Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA.

À título de análise prévia, foi realizada uma comparação entre a variação do nível de água subterrânea no poço PM-06-IETE (EEGM) acompanhada da variação da cota do Rio Negro e suas respectivas correlações (Figura 93). Notou-se que as variações sazonais de níveis de água do PM-06-IETE e a cota do Rio Negro apresentaram máximos e mínimos coincidentes, sendo os maiores valores entre abril e julho, com decréscimo dos níveis a partir de setembro, até apresentarem seus mínimos em novembro e dezembro. O nível da água subterrânea possui uma forte correlação positiva (R^2=0,973) com as cotas do Rio Negro. Esta relação pode ser motivada devido ao poço de monitoramento PM-06-IETE estar próximo ao Rio Negro e pelo aquífero Alter do Chão possuir característica do tipo livre a semiconfinado (SILVA, 2005).

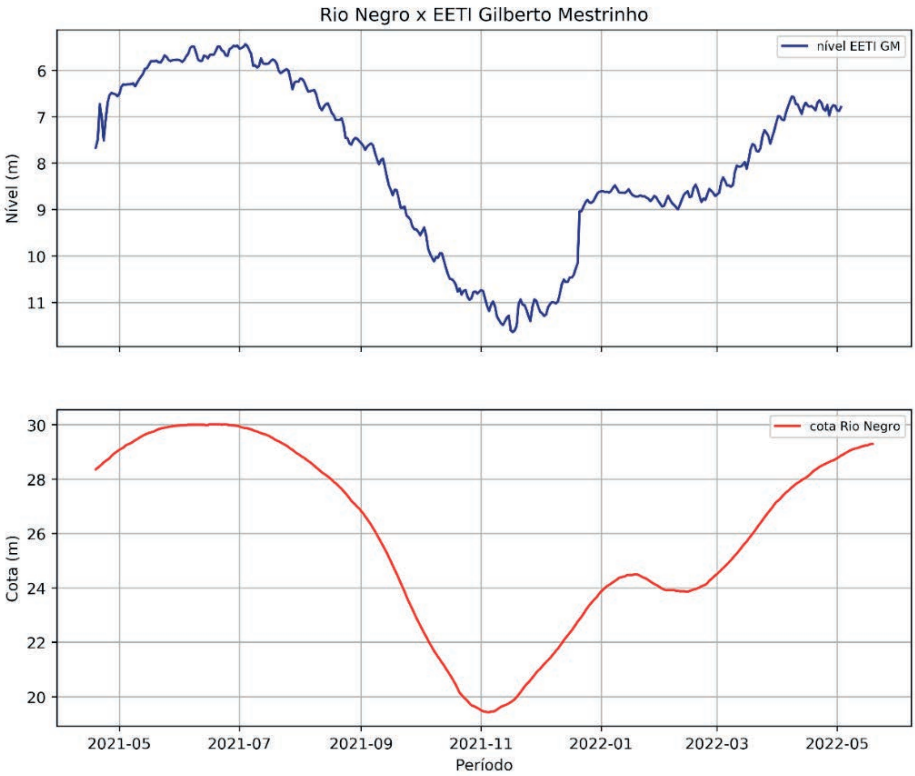


Figura 93: Variação do nível estático do poço PM-06-IETE (EEGM) de abril de 2021 a maio de 2022.

Determinação das seções de monitoramento geoambiental

As seções de monitoramento geoambiental foram construídas em função de cartas de declividade, cartas de hidrografia, cartas de cobertura vegetal e carta geológica local. Além da descrição dos sedimentos inconsolidados e litologias para a produção dos perfis estratigráficos e comparação com o modelo geoelétrico obtido, execução de testes hidráulicos, testes de bombeamento contínuo e escalonado, *Slug-test*, *Bail test,* entre outros, para obtenção de parâmetros como condutividade hidráulica, porosidade e transmissividade.

A pesquisa bibliográfica iniciou-se com o objetivo de procurar compreender o contexto das características físicas-ambientais, ao longo de igarapés de Manaus, que corresponderiam às características geológicas, geotécnicas, geomorfológicas e hidrogeológicas em Manaus/AM.

Conforme planejamento estabelecido em reuniões, as atividades propostas compreenderam: a) levantamento e revisão bibliográfica; b) levantamento de dados geofísicos existentes na região e c) estratégia de levantamento de dados nas áreas de estudo para estimativa de profundidade de nível d´água, pelo método da eletrorresistividade.

O comportamento físico das rochas depende das propriedades e do modo de agregação de seus minerais, da forma, volume e conteúdo dos poros (geralmente água ou ar) e grau de alteração. As propriedades que interessam ao estudo de problemas práticos são as das rochas e minerais tal como encontram-se na natureza, com suas impurezas, fraturas, fissuras, diáclases, umidade, etc. (ORELLANA, 1982).

No estudo de águas subterrâneas e problemas ambientais em subsuperfície, o método da eletrorresistividade é uma ferramenta de fundamental importância. Este método baseia-se no estudo de propriedades eletromagnéticas das rochas, sendo geralmente a magnitude mais significante a resistividade elétrica (ou sua inversa, a condutividade elétrica). Neste caso, a técnica de medida aplicada foi a da sondagem elétrica (SE), ou sondagem elétrica vertical (SEV) através do arranjo *Schulumberger*. Assim, procura-se conhecer, por meio de um modelo de camadas, onde há resistividade elétrica e espessura, a estrutura geológica da área estudada, além de indicações sobre as características hidrogeológicas dos estratos.

A eletrorresistividade é um método geofísico que estuda a propriedade física denominada resistividade elétrica para identificação dos materiais em subsuperfície. Ela expressa a maior ou menor facilidade com

que a corrente elétrica injetada no solo flui pelo material e depende da natureza e do estado físico do corpo considerado.

Com base neste princípio, o método, através de equipamentos dispostos na superfície, determina a resistividade elétrica dos materiais em subsuperfície a diferentes profundidades. Desta forma, detectam-se os contrastes nas propriedades elétricas que são reflexos das características das diferentes camadas rochosas abaixo da superfície.

O objetivo principal da aplicação do método da eletrorresistividade nas áreas do Projeto IETÉ foi proporcionar informações da subsuperfície acerca da profundidade do nível d´água, características litológicas das camadas a partir da interpretação das camadas geoelétricas e indícios de contaminação das águas subterrâneas característicos da cidade de Manaus, mais especificamente da Bacia Hidrográfica do Educandos.

Através do método da eletrorresistividade, foram executadas diversas sondagens elétricas com arranjo de eletrodos *Schlumberger* nas áreas de influência do Projeto IETÉ. Como exemplos, o entorno do Lago Amazônico INPA (Figura 94) e sítios diversos (Figura 95).

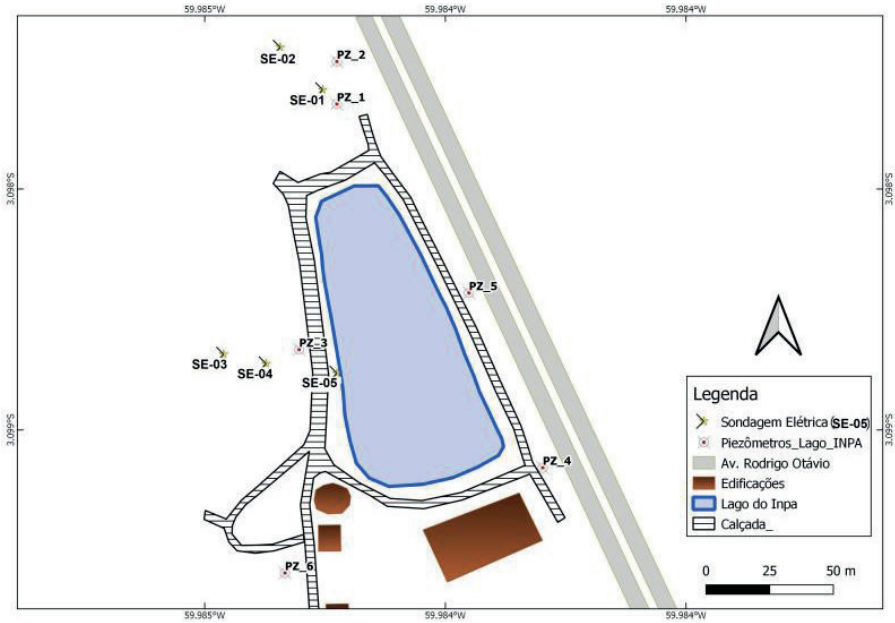


Figura 94: Croqui da área de estudo com a localização das sondagens elétricas no entorno do Lago Amazônico – INPA.

Figura 95: Alguns pontos durante o levantamento de sondagens elétricas executadas em sítios diversos – Manaus – AM.

Um dos resumos de interpretação de sondagem elétrica (modelo geoelétrico) é apresentado na Tabela 05. Foi possível investigar na área pelo menos 3 a 4 camadas geoelétricas, sendo que nas SE-1 e SE-3 foi possível distinguir até 5 e 6 camadas, respectivamente. A maior profundidade atingida foi na SE-3 com 22,0 metros, onde a abertura dos eletrodos de corrente executada foi AB/2=40m.

Tabela 05: Resumo da interpretação das sondagens elétricas com profundidade (Pn) em metros e resistividade elétrica em ohm.m das camadas geoelétricas (n=1, 2, 3, 4, 5 e 6).

	P_1 Superfície	P_1	P_2	P_2	P_3	P_3	P_4	P_4	P_5	P_5	P_6	P_6
SE-1	0,0	767	0.9	5298	1.9	496	3.9	1998	8.0	31680	-	-
SE-2	0,0	1202	0.9	5366	8.0	114	-	-	-	-	-	-
SE-3	0,0	2034	0.9	9031	1.7	1578/2141	5.8	18199	10.8	2522	20.0	82
SE-4	0,0	1738	0.8	16633	2.3	501	4.4	3763	-	-	-	-
SE-5	0,0	1020	0.9	5239	5.9	586/489	15.0	4995	-	-	-	-

A primeira e segunda camadas das cinco sondagens provavelmente correspondem a solo seco, a qual corresponde a zona não saturada e, predominantemente, solo arenoso cuja presença causa valores altos de resistividade elétrica. Apresentam uma variação de valor de resistividade elétrica entre 767 e 2.034 ohm.m na primeira camada e 5.200 a 16.600 ohm.m na segunda camada. Nesse caso, os valores provavelmente são representativos da geologia local, que apresenta variabilidade baixa nos valores de resistividade elétrica e provavelmente de característica arenosa.

A espessura da primeira camada apresentou-se bem similar em todas as sondagens com variação entre 0,8 a 0,9 m. A espessura da segunda camada variou entre 0,8 a 7,1 metros e provavelmente trata-se de uma camada muito compactada pois os valores de resistividade elétrica apresentaram aumento significativo em relação aos da primeira camada. As espessuras das duas primeiras camadas estabeleceram a profundidade do topo da camada saturada em todas as sondagens elétricas.

A terceira camada, sendo a última detectada na SE-2, representa os limites superiores da camada saturada. As profundidades variam entre 1,7 e 2,3 nas SE´s-1, 3 e 4 e provavelmente apresentam um conteúdo de arenoso devido ao valor de resistividade ser relativamente alto (496 a 2.141 ohm.m). No caso das SE-2 e SE-5 as profundidades foram de 8,0 e 5,9 metros, respectivamente. O valor de 114 ohm.m de resistividade elétrica, na SE-2, chamou a atenção por ser relativamente menor do que nas outras sondagens nessa camada, o que pode indicar um conteúdo mais argiloso, mas também possível influência de contaminante, já que situa-se próxima à estação de tratamento de esgoto.

A quarta camada nas SE-1, SE-3, SE-4 e SE-5 apresenta aumento de resistividade elétrica, variando de 1.800 a 18.000 ohm.m, o que representa uma camada mais compactada também de constituição arenosa, podendo tratar-se de um arenito silicificado, como já ocorre na região. A locação das SE-1 e SE-3 proporcionou abertura de eletrodos maior e, portanto, maior profundidade de investigação. Nesses casos foi possível definir a profundidade da quinta camada e da sexta camada na SE-3. A sexta camada situa-se em 20 metros de profundidade e apresenta resistividade elétrica de camada saturada com valor relativamente menor se comparada com os valores da camada saturada menos profunda nas sondagens, o que pode ser indício de conteúdo argiloso predominante.

Para a caracterização química, quanto à contaminações antrópicas ou naturais e granulométricas para gênese ambiental, foram efetuados 12 furos à percussão, de 12 metros de profundidade cada, sendo 8 furos na área da

Bacia Hidrográfica do Educandos, 2 furos na Reserva Florestal Adolpho Ducke e 2 furos na Reserva Biológica do Cuieiras, no Ramal ZF-2 (Figuras 96). A amostragem foi feita ao longo da profundidade na sequência de 10 cm, 20 cm, 50 cm e 1 metro de profundidade, sucessivamente (a cada 1 metro).

Figura 96: Sondagem à percussão (A) e amostra de solo apresentando características peculiares (1: material orgânico e 2: material silicático).

Levantamento de dados construtivos de poços tubulares

Para este fim, foi utilizado o sistema SIAGAS do SGB – CPRM como fonte de dados, onde obteve-se mapas (Figura 97) com a localização e natureza dos poços que se encontram na Bacia Hidrográfica do Educandos, informações de nível estático, nível dinâmico, dados construtivos (Figura 98) e até dados químicos.

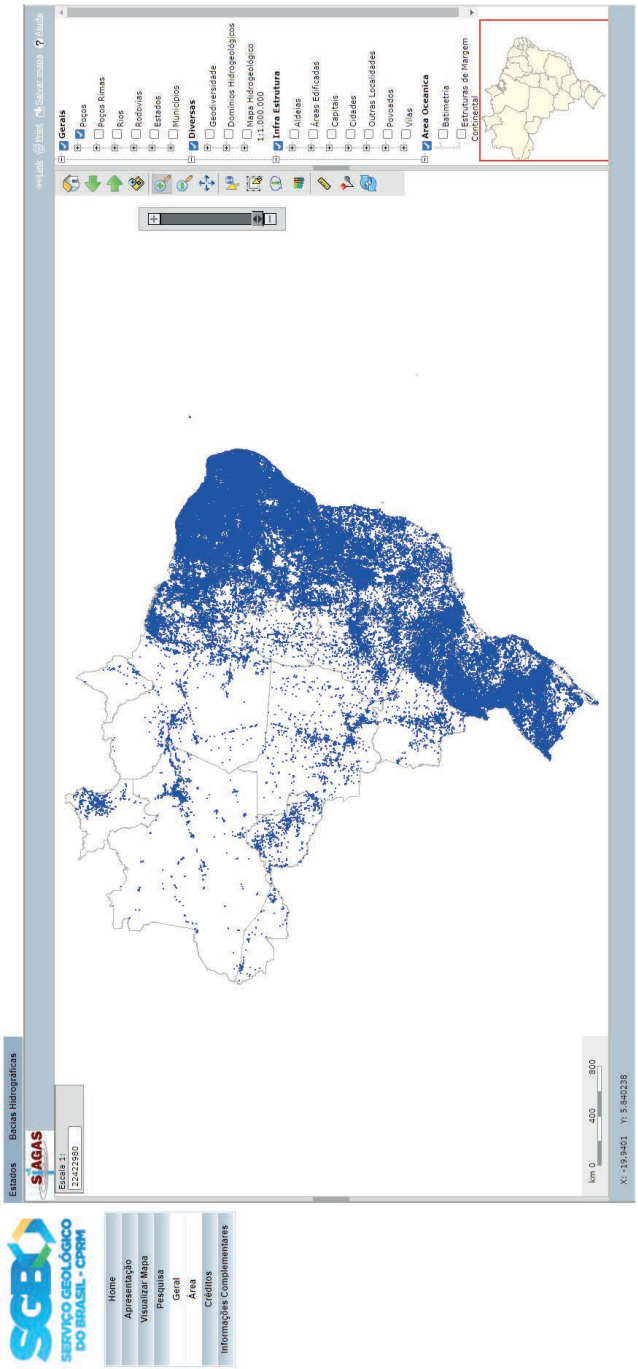


Figura 97: Mapa geral de pontos de localização de poços na cidade de Manaus – AM obtidos do SIAGAS-CPRM. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=1300000138.

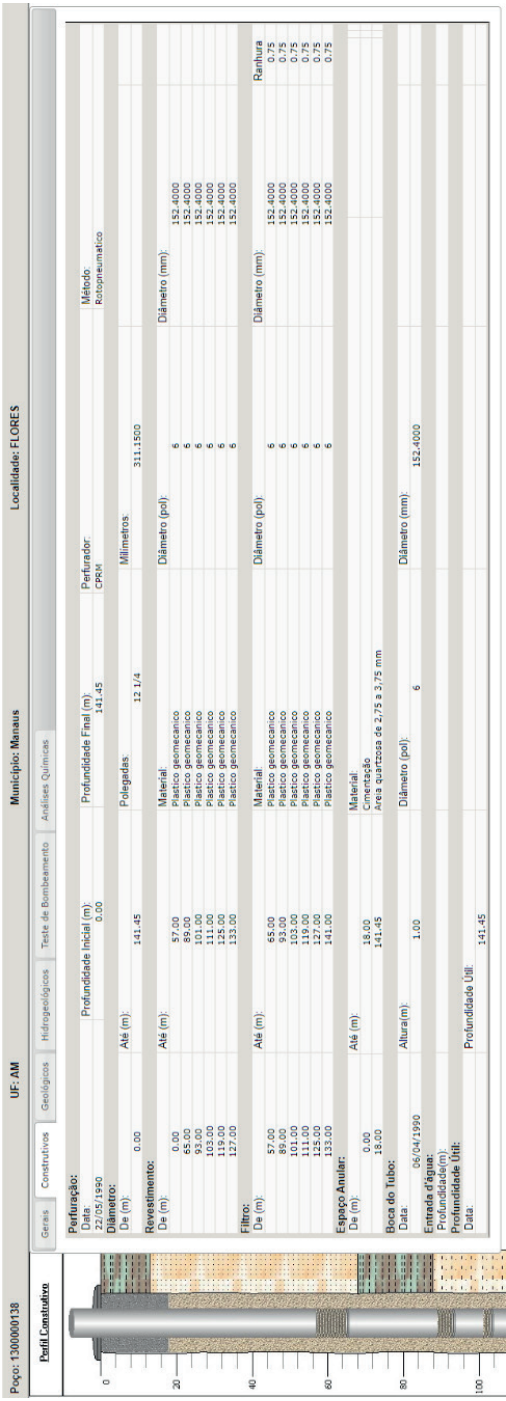


Figura 98: Perfis individuais de poços obtidos do SIAGAS-CPRM. Disponível em: http://siagasweb.cprm.gov.br/layout/detalhe.php?ponto=1300000138.

Após análise de dados construtivos de poços tubulares na Bacia Hidrográfica do Educandos, foi feita a distribuição espacial para apoio às interpretações geológicas (Figura 99).

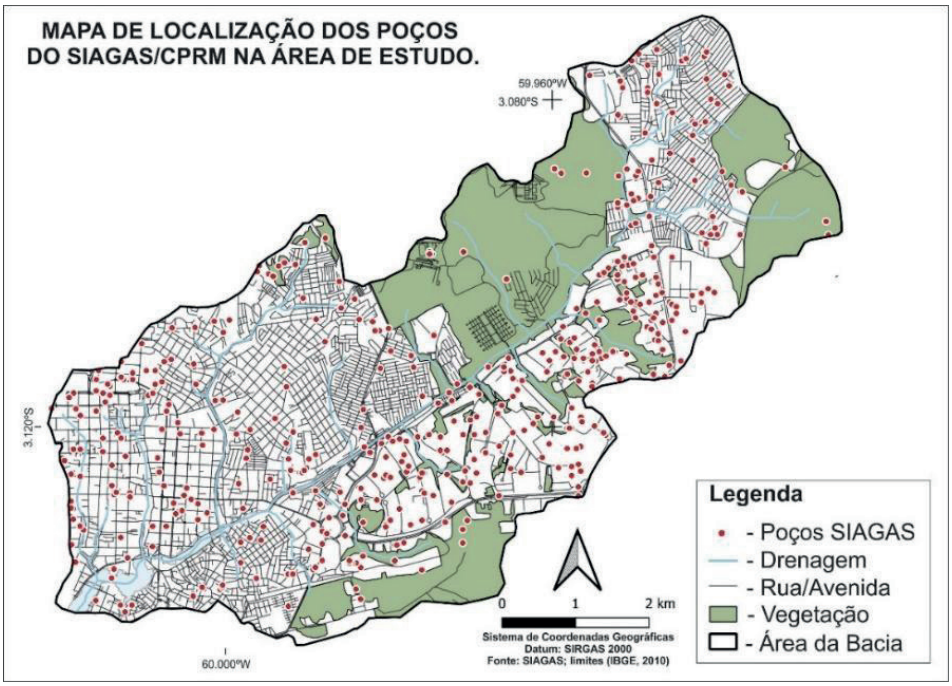


Figura 99: Localização dos poços do SIAGAS na Bacia Hidrográfica do Educandos.

Para uma seção A-B, foi realizado levantamento de litologia, altitude, profundidade de poço e posicionamento de filtro, para obter uma visão geral de subsuperfície de uma parcela da área de estudo (Figura 100).

A seção mostra que o arenito argiloso é a unidade predominante na área. Os argilitos encontram-se dispostos em lentes e camadas descontínuas que são deste centimétricas à métricas. Os arenitos silicificado (Arenito Manaus) são encontrados sempre em lentes descontínuas, com até 22 metros de espessura. O calcário da Formação Nova Olinda foi descrito apenas no poço n° 1300000256, a cerca de 228 metros de profundidade.

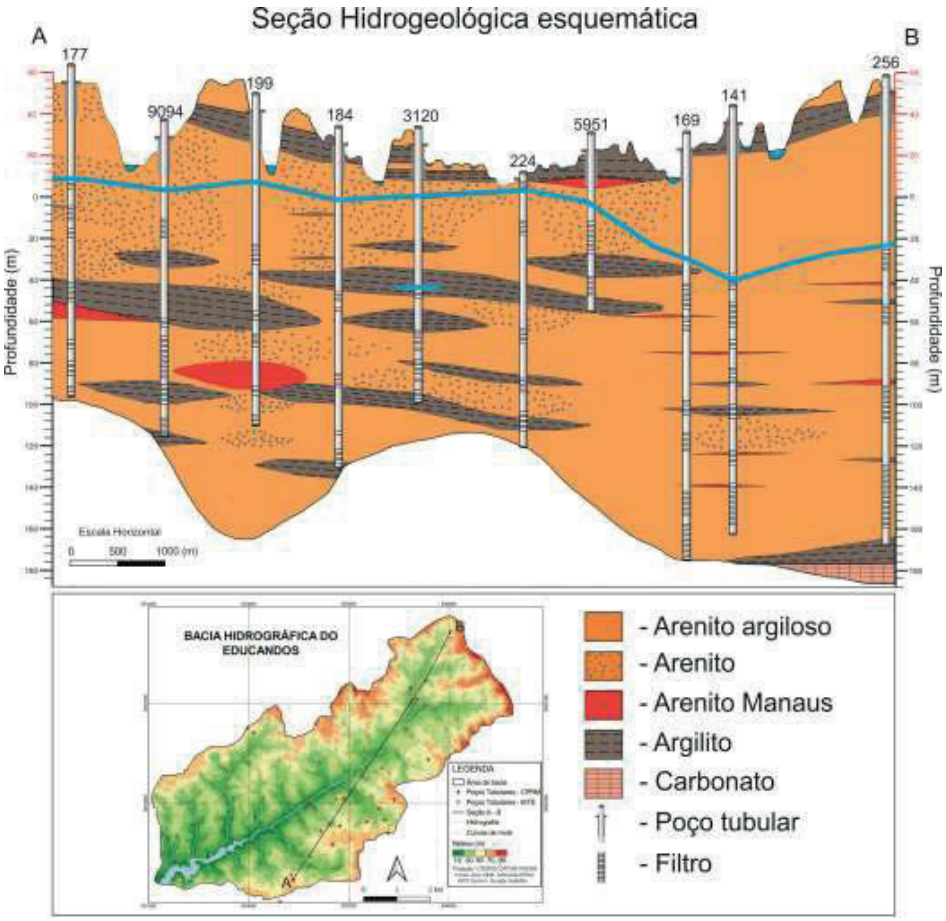


Figura 100: Seção hidrogeológica esquemática preliminar da Bacia Hidrográfica do Educandos.

Para a produção dos mapas de nível estático, nível dinâmico e de profundidade, foram selecionados mais de 450 poços entre um total maior que 4.000. Os dados baixados do SIAGAS – CPRM foram agrupados e salvos no formato *.csv* e posteriormente, a planilha foi inserida no software livre *Quantum Gis* (QGIS) versão 2.4, mundialmente utilizado para confecção de produtos cartográficos. Adotou-se o sistema de referência de coordenadas Universal Transversal de Mercator/UTM e a base de referência WGS-84, Zona 20S. Os arquivos no formato *.csv* foram salvos em formato vetorial *shapefile* para manipulação no software. Para interpolação dos dados foi utilizado o complemento Interpolação IDW do QGIS e como produto final foi gerado o mapa com as profundidades dos poços tubulares (Figura 101).

A região NE da Bacia Hidrográfica do Educandos apresenta os poços com as maiores profundidades, juntamente com a área que compreende o Distrito Industrial I. Possivelmente, pela obtenção de um volume maior de água para consumo ou maior nível topográfico.

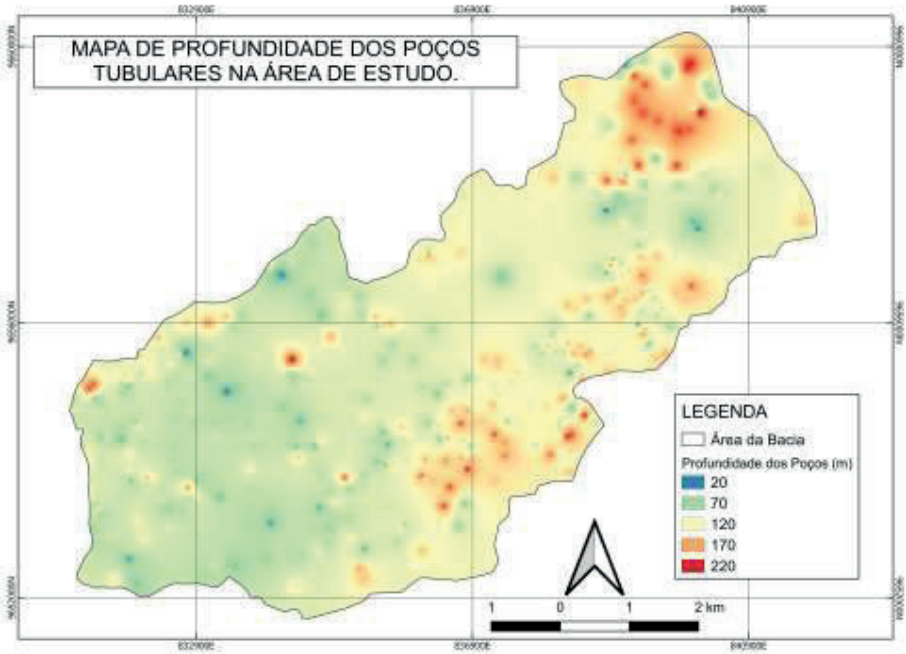
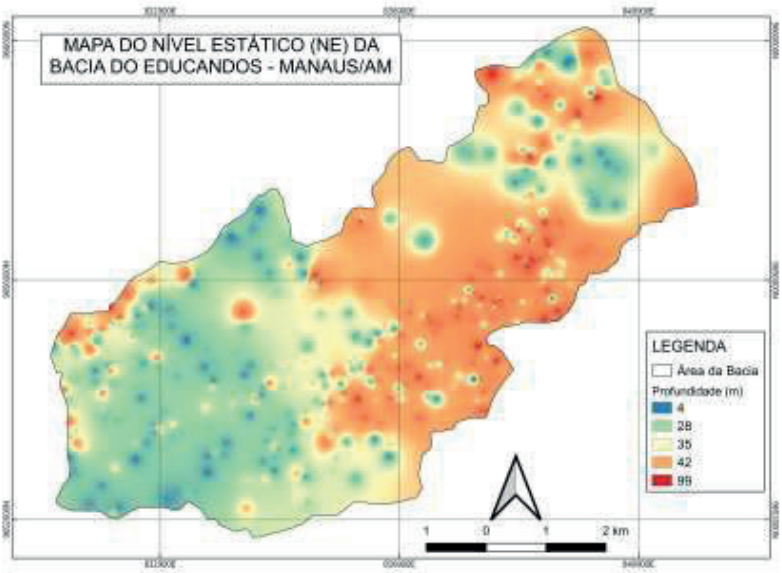
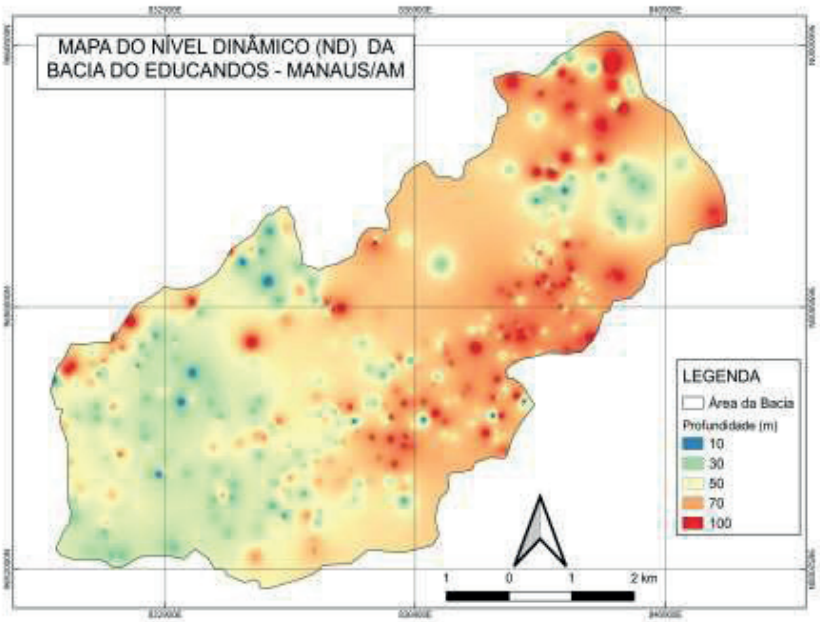


Figura 101: Mapa da profundidade dos poços tubulares na Bacia Hidrográfica do Educandos.

Ainda, utilizando a ferramenta IDW de interpolação, foram obtidos os mapas interpolados de Nível Estático (NE) e Nível Dinâmico (ND) (Figura 102) na Bacia Hidrográfica do Educandos. Observa-se que os níveis estáticos maiores estão concentrados na região do Distrito Industrial I, o que provavelmente registra uma diminuição do nível estático devido à grande explotação de água na região e também os níveis dinâmicos maiores encontram-se na mesma região. Isso expõe o rebaixamento acentuado nessa região, evidenciando o uso inadequado do recurso.



(A)



(B)

Figura 102: Mapa do nível estático (A) nível dinâmico e dos poços tubulares na Bacia Hidrográfica do Educandos.

Área de teste de recarga e monitoramento ambiental – Reserva Florestal Adolpho Ducke – INPA

Os testes de infiltração foram realizados com infiltrômetro de duplo anel (Figura 103). O processo consiste em um conjunto de dois anéis concêntricos, o primeiro com 20 cm e o segundo com 40 cm de diâmetro, ambos introduzidos até uma profundidade de 15 cm da superfície do solo. O reservatório de água possui uma graduação em milímetros, onde é realizada a leitura e determinação da quantidade de água infiltrada no anel interno. Foi mantida uma lâmina de água média de 70 a 70 cm no anel interno e externo. O anel externo tem a finalidade de minimizar a dispersão lateral de água. As leituras foram realizadas até o tempo decorrido de 240 minutos do início do teste.

(A) (B)

Figura 103: A) Destaque para o duplo anel concêntrico; B) Sistema do infiltrômetro do duplo anel e o conjunto de galões.

Para a perfuração dos poços de testes de recargas, foi utilizado um trado rotador de 40 centímetros de diâmetro e 80 centímetros de altura acoplado a um equipamento de perfuração motorizado (Figura 104). Todos os furos possuem 40 centímetros de diâmetro e foram encapados por

tubo PVC rígido e tamponados com CAP. Foram mantidos 50 centímetros de boca do poço em cada tubo, para evitar a entrada de algum material estranho indesejado.

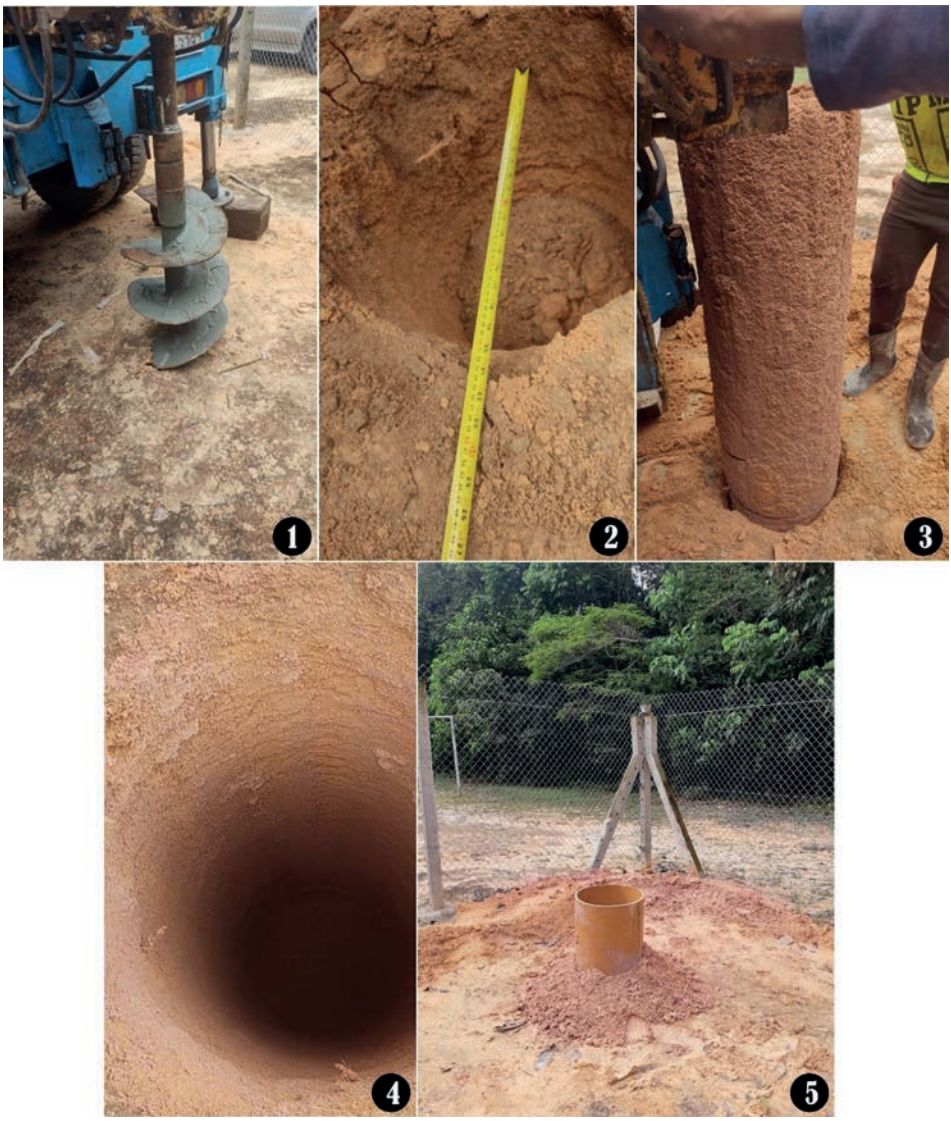


Figura 104: (1) Trado de 40 centímetros; (2) Medição do furo inicial; (3) Testemunho da perfuração; (4) Furo completado e (5) Furo encapado com tubo PVC.

A Figura 105 apresenta de forma simplificada, uma visão geral do esquema construtivo do poço de teste de injeção de água ao aquífero,

ladeado por área de proteção (grade) à vandalismo e acidentes com transeuntes.

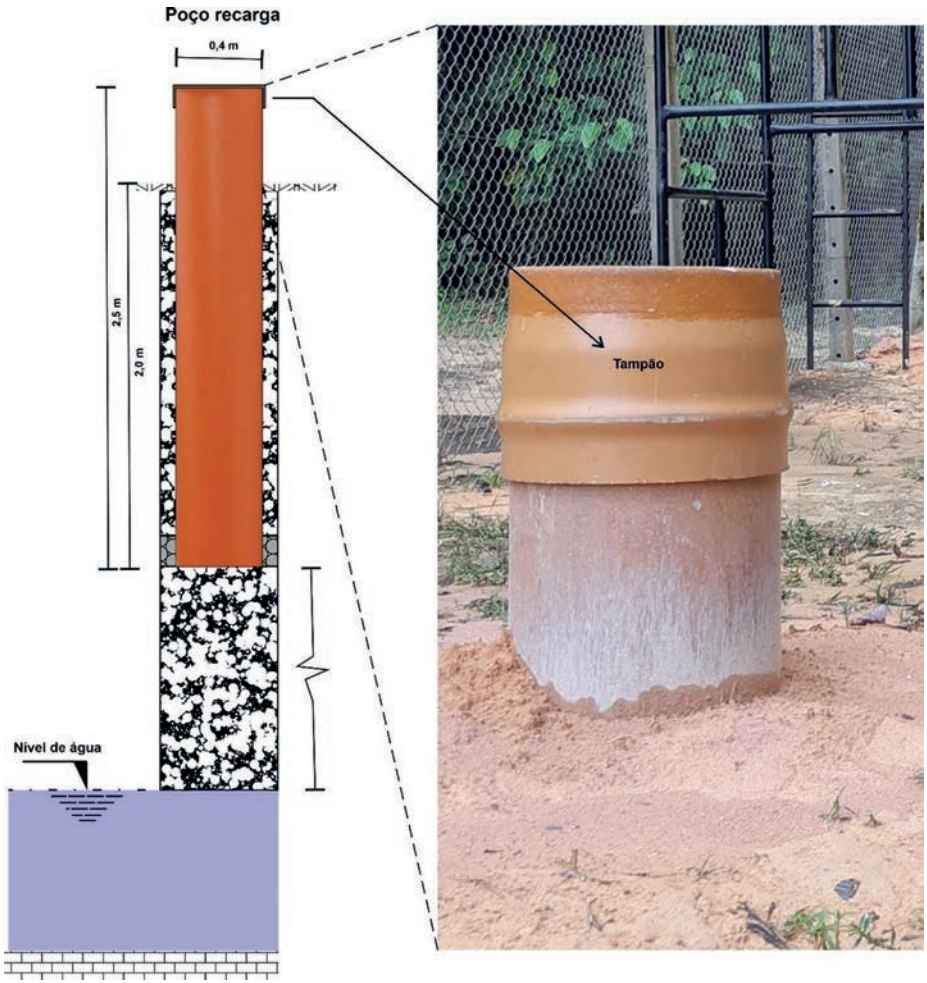


Figura 105: Esquema ilustrativo do poço de injeção de água na RFAD.

Quanto aos poços de monitoramento de temperatura (geotermia rasa), foram finalizadas as instalações de dois poços de monitoramento ambiental. Estes poços foram utilizados para pesquisas com geotermia rasa. Possuem profundidades (abaixo da cota do solo) de 156 metros e 15 metros, respectivamente (Figuras 106). Com 4 polegadas de diâmetros, o poço de 156 metros tem um conjunto de filtros posicionados em profundidades que possibilitem uma melhor fluidez de água e aferição da temperatura na zona vadosa. O posicionamento dos filtros deu-se em função

da litologia presente no local de perfuração. Já o poço de 15 metros de profundidade não possui filtro, pois o objetivo a obtenção da temperatura na zona insaturada do substrato rochoso.

(A) (B)

Figura 106: Perfuração de poço de monitoramento geotérmico na Reserva Florestal Adolpho Ducke. (A) perfuração por sonda rotativa e (B) poços duplos (15 e 156 metros de profundidades).

Testes de infiltração artificial de água no aquífero foram realizados em poços secos com diferentes profundidades (2 metros, 3 metros e 6 metros), com intervalos de 7 dias (uma semana) entre si, para que pudessem ser analisadas possíveis diferenças entre as velocidades de infiltração bem como a quantidade de água que foi injetada (Figura 107). Em todos os ensaios, amostras de água de 1 litro foram retiradas para que pudessem ser realizadas análises químicas, além da extração de água do solo, via extratores (Figura 108).

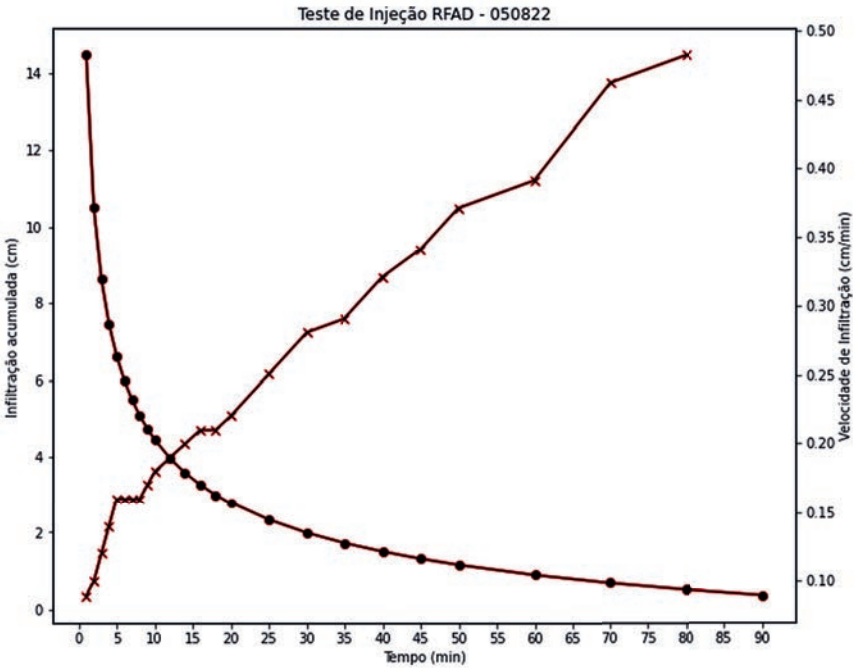


Figura 107: Comportamento do substrato rochoso obtido via teste de infiltração.

Figura 108: Instalação de extratores e coleta de solução de solo para monitoramento ambiental.

2.5 Mapeamento Vegetal

A equipe de Mapeamento Vegetal realizou visitas técnicas às áreas dos pontos amostrais juntamente com a equipe da Hidrologia, para o estabelecimento das parcelas permanentes para o estudo da composição vegetal. A partir daí, foi elaborado um banco de dados documental pertinente às áreas da Bacia hidrográfica do Quarenta e seu entorno.

A comparação da análise da vegetação e uso da terra, por meio do mapeamento florístico comparado com as análises hidrológicas, irão convergir com a interpretação mais acurada na composição do sistema como um todo da Bacia Hidrográfica do Educandos.

Para a realização dos inventários florísticos, foram realizadas expedições visando o estudo de paisagem e uso do solo. Foi feito o levantamento e marcação das espécies botânicas de todas as parcelas dos transectos implementados. As áreas de estudo foram estabelecidas próximo às nascentes do IFAM_ZL e IFAM_ DI, durante o período de maio de 2019 a março de 2020.

IFAM (CMZL e CMDI)

O inventário florístico na área do IFAM 1 ZL (Zona Leste) foi realizado a partir da demarcação das unidades amostrais por meio de um conglomerado com área total de 2.000 m^2, formado por quatro subunidades, com área de 500 m^2, medindo 10 metros de largura por 50 metros de comprimento, orientadas na direção dos quatro pontos cardeais (Norte, Sul, Leste e Oeste).

Nesse momento, foram realizadas as seguintes ações: marcação das parcelas, plaqueteamento das árvores, levantamento botânico, coletas e, posterior prensagem e secagem do material em estufa de ventilação forçada à 60°C.

Após a identificação botânica e triagem das espécies vegetais, as amostras receberam um número de registro no acervo do herbário do INPA. O material foi tabulado e organizado devidamente em planilhas. Na área do IFAM 2 DI (Distrito Industrial), também foi realizado o inventário florístico com a mesma metodologia descrita.

Quanto ao imageamento da região, foram obtidos enquadramentos dos satélites- LNDSAT-8, CBERS e Sentinel 2 – através do site do INPE, a malha municipal do IBGE – base de mapa (*shapefiles* e *rasters*), para

criar mapa dos diferentes usos do solo e também integrar os dados de meteorologia. Foram realizados a seleção e download das imagens dos satélites descritos, processamento digital, segmentação e interpretação visual,e foram processados da seguinte forma:

- As imagens dos satélites CBERS e Sentinel 2, com ausência de ou pouca cobertura de nuvens do ano de 2019 e imagens do Landsat-8 do ano de 2018 foram selecionadas por terem melhores condições de visualização. Posteriormente, foi realizado o processamento digital das imagens, que compreendeu a fusão das bandas e recorte. Para o landsat 8 foram utilizadas as bandas – 8 (Pancromática), 7 (infravermelho médio/SWIR) e 6 (infravermelho médio/SWIR) com resolução de 30 metros para as bandas 7 e 6, e para a banda 8 resolução de 15 metros. Já para as imagens do satélite CBERS foram utilizadas as bandas 7, 8, 6 – resolução de 20 metros e banda 1 – resolução espacial de 10 metros, que obteve a melhor resolução para a classificação.
- Para que esse processo de classificação da mudança do uso do solo ocorresse foi necessário empilhar as imagens (bandas) de cada período já recortadas no limite territorial do município de Manaus, especificamente Bacia do Educandos. O programa utilizado foi o QGIS e sua ferramenta utilizada no processo foi a *SemiAutomatic Classification Plugin* (SCP), sendo necessário instalar o plugin na barra de menu "complementos", em seguida "Gerenciar e instalar complementos";
- Inicialmente, procedeu-se a delimitação da área onde foi realizado o inventário florístico. Utilizou-se imagens de SRTM, extraída do banco de dados Geomorfométricos Brasileiro (TOPODATA), disponível gratuitamente no site do INPE. Depois disso, houve a captura das imagens de alta resolução da área Google Earth Pro e inserção no programa do QGIS 2.18. Em seguida, no programa QGIS, a imagem foi convertida para o formato GeoTiff;
- Diariamente, foram realizados levantamentos bibliográficos de geoprocessamento da Bacia do Educandos para a elaboração de um quadro-resumo sobre as pesquisas já realizadas, que ajudou no desenvolvimento do trabalho. Além disso, foram obtidas imagens de satélite (Programa Google Earth Pro e os sites do INPE e Earth Explorer-USGS – processados no programa QGIS 2.18) do ano de 2018, considerando períodos com pouca cobertura de nuvens e suas imagens em trabalho de ajustamento;

- O mapa de localização do Igarapé foi elaborado a partir do enquadramento das imagens de satélites, usando a malha municipal do IBGE – base de mapa (shapefiles e rasters);
- Dessa forma, foi feita a marcação e implantação das parcelas -Quadrantes Norte, Sul, Leste e Oeste para o georreferenciamento das parcelas que foram utilizadas ao longo do trabalho.

Parcelas Permanentes

Foram selecionadas as parcelas permanentes para realização do diagnóstico vegetal da área de estudo, a saber:

- Área do IFAM/Zona Leste.
  - Ponto 1: Localização: Latitude -3.13459; Longitude: -59.97588;
  - Ponto 2: Localização: Latitude -3.13454; Longitude: -59.97555;
- Área do IFAM/Distrito Industrial.
  - Localização: Áreas de coletas: IFAM ZL – Ponto 1 e 2 e IFAM Distrito.

Quanto à flora local, ainda existente na região que abrange a Bacia do Igarapé do Educandos, ou área verde ainda razoavelmente preservada, resumem-se na área do campus da UFAM, nas áreas do IFAM1 ZL (Zona Leste) e IFAM2 DI (Distrito Industrial), juntamente com as da Reserva do Sauim Castanheira, onde, justamente, concentram-se as principais nascentes. Na área do campus da UFAM existem inventários florísticos apresentados na forma de relatórios do Programa de Iniciação Científica da UFAM e teses acadêmicas. As florestas de terra firme são reconhecidas como florestas ombrófilas densas não aluviais (VELOSO et al., 1991), incluindo as florestas com bambu e palmeiras (VELOSO et al., 1991; MIRANDA et al., 2003; BARBOSA, 1988; BARBOSA, 1995). Resultados preliminares do levantamento botânico das espécies ponto IFAM1_ZL (Zona Leste) são apresentados na Figura 109.

As emergentes ponto IFAM1_ZL										
Nº (Jornal/ Atual)	Nome vulgar	Nome Cientifico	Familia	Número parcela	CAP (cm)	DAP (cm)	ALT (m)	Látex/ Resina	Quanti-tativo	Ponto Cardeal
(47) 48	tachi	*Pterocarpus* sp.	Fabaceae	2 Norte	108	34.37747	25		1	NORTE
(95) 97	supiarana	*Alchorneopsis floribunda* (Benth.) Muell. Arg.	Euphorbiaceae	4 Sul	121	38.5155	25		1	SUL
(30) 30	virola	*Virola pavonis (A. DC.) A.C. Sm.*	Myristicaceae	1 Leste	130	41.38029	33		1	LESTE
(84) 86	inga	*Inga alba* (Sw.) Willd.	Fabaceae	3 Oeste	130	41.38029	22		1	OESTE
							26.25			

Coleta (47) 48 NORTE

Coleta (95) 97 SUL

Coleta (30) 30 LESTE

Coleta (84) 86 OESTE

Figura109: Lista das espécies emergentes de floresta nativa das margens de uma das nascentes do Igarapé do Educando (IFAM_ZL).

Resumo dos inventários florísticos realizados na região de Manaus-AM

Os dados técnico-científicos das áreas das nascentes do IFAM_ZL e IFAM_DI apontam para diferenças nas duas áreas entre as espécies indicadas na composição florística e de cobertura, tendo como base o levantamento da vegetação e uso do solo. Outro fator claramente observado é a presença de espécies Climax e Pioneiras, detectadas na nascente do IFAM-ZL, além da visualização dos dados de cobertura, próximo as nascentes em imagem de satélite no IFAM_ZL e IFAM_DI, adaptadas do Google Earth.

Pode-se constatar por meio das imagens os dois inventários realizados e georreferenciados nas nascentes do início da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Quarenta e próximo à foz da mesma bacia.

Foram verificadas as curvas de nível de cada área do delineamento amostral, onde as espécies vegetais foram apontadas no transectos, detectando-se as curvas de nível em modelos de elevação tridimensional, onde percebe-se áreas de relevo mais baixas e mais altas da bacia hidrográfica e zonas do inventário próximo às nascentes.

Com relação à composição florística da área do IFAM_ZL foram encontradas no transecto próximo a nascente nos quadrantes de 50 m, 126 indivíduos distribuídos em 23 famílias, 42 gêneros e 50 espécies. Foram mensurados o número acumulado de espécies e indivíduos levantados em relação a área inventariada para a Curva espécie-x-área. Este diagrama é comumente utilizado para definir a área mínima representativa de amostragem, no caso o delineamento experimental para nascente do IFAM_ZL foi de 2.000 m^2.

Nesta área destaca-se a relação das 10 espécies com maior IVI (Índice de Valor de Importância) em ordem crescente do valor de IVI (%) que foram: a 1) ucuúba (*Virola pavonis* (A. DC.) A.C.Sm.) (*Myristicaceae*)- 48,3%; 2) seringa (*Hevea brasiliensis* (Willd. ex A. Juss.) Mull. Arg. (*Euphorbiaceae)*- 40,4%; 3) cardeiro (*Scleronema micrantha* (Ducke) Ducke) (Malvaceae); 4) ingá (*Inga Alba* (Sw.) Willd.) (*Fabaceae*); 5) tauari (*Allantoma integrifólia* (Ducke) S.A. Mori, Ya Y. Huang, Prance) (*Lecythidaceae*); 6) *Chamaecrista adiantifolia* (Spruce ex Benth.) H.S. Irwin; Barneby (*Fabaceae*); 7) supiara (*Alchorneopsis floribunda* (Benth.) Mull. Arg.) (*Euphorbiaceae*); 8) *Amanoa grandiflora* (Mull. Arg.) Mull. Arg. (*Phyllantaceae*); 9) *Ficus máxima* Mill. (*Moraceae*); 10) tapiririca (*Tapirira guianensis* Aubl.) *Anacardiaceae*.

Foram extraídos mapas hipsométricos e curvas de nível para melhor visualização da localização das espécies no mapeamento vegetal da Bacia do Igarapé do Quarenta. Para isso, utilizou-se um modelo Digital de Elevação – MDE da área de estudo, que constou de uma camada raster adicionada. Essa camada foi obtida através do site do TOPODA e extraída do arquivo SRTM, com aproximadamente 30 metros de resolução espacial. Tal camada foi renderizada, usando uma banda de falsa cor para obter melhor representação da variação altimétrica, através do gradiente de cores.

Para a extração da curva de nível foi trabalhado o mesmo Modelo Digital de Elevação no QGIS, sendo construídas isolinhas que apresentassem o mesmo valor altimétrico. Utilizou-se apenas a área delimitada da Bacia do Igarapé do Quarenta da camada raster de elevação. Da camada raster foi extraída a equidistância dos contornos, indicada em 5 e 10 metros entre as curvas de nível. Para obtenção resultados mais consistentes, na distância entre as linhas o ideal seria utilizar um valor em metros de acordo com a resolução do Modelo Digital de elevação utilizado. No entanto, para melhor visualização da distribuição de espécies, foi utilizada a equidistância entre linhas de 5 e 10 metros>.

Após a extração acima, foi obtido um modelo de elevação em 3D, tanto da área do IFAM_ZL, quanto da área do IFAM_DI através do plugin Qgis2threejs (110).

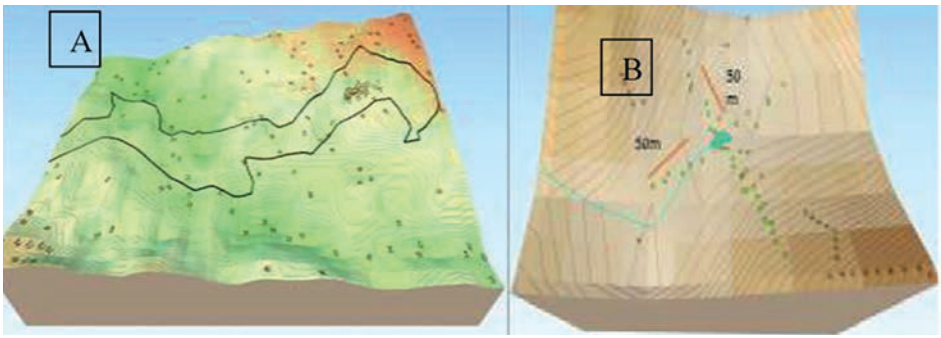


Figura 110: Modelo de elevação em 3D com curvas de nível a cada 1 metro (A) do IFAM_DI e de 5 metros da área do IFAM_ZL (B).

Em relação aos dados técnico-científicos sobre as áreas de nascentes estudadas do IFAM_ZL e IFAM_DI, aponta-se uma possível regeneração da vegetação primária com mata secundária nas áreas de efeito de borda, visualizadas em imagens georreferenciadas modificadas do *Google Earth* para os anos de 2002 e 2019. Nas duas áreas exploradas é possível inferir parâmetros para estudos mais aprofundados com os dados já consolidados do diagnóstico da estrutura vegetacional das duas áreas inventariadas por meio de métodos de análise estrutural, comparando-as com as análises realizadas nas nascentes, pelo grupo da química da água e do solo.

Os dados técnicos e científicos gerais da formação florestal e uso do solo da Bacia Hidrográfica do Educandos, demonstraram por meio de imagens de geoprocessamento a mudança temporal dos últimos 7 anos da formação florestal, da infraestrutura urbana, da área industrial e residencial da bacia, além do perfil topográfico e curvas de nível.

Em relação aos dados específicos do mapeamento vegetal e uso do solo nas áreas estudadas das nascentes do IFAM_ZL e IFAM_DI, foram identificadas algumas unidades de paisagem de formação não florestal, como pastagens e capoeiras próximas as áreas da nascente do IFAM-ZL (Figura 111).

As análises da composição florística dos inventários realizados foram processadas e foram elaborados gráficos das famílias, gêneros,

espécies e indivíduos ocorrentes nas áreas das nascentes estudadas. Foi também calculado o índice de diversidade para cada espécie inventariada e calculados os índices de frequência, abundância, dominância e IVI (Índice de Valor de Importância) nas unidades amostrais distribuídas nos fragmentos, selecionados de acordo com a necessidade da tipologia florestal.

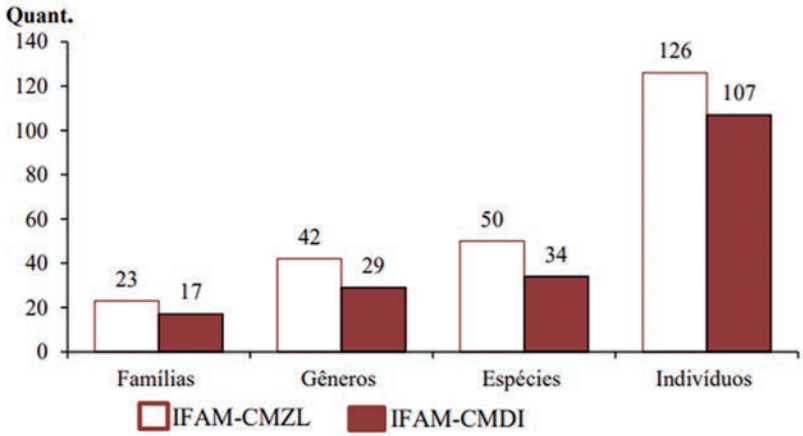


Figura 111: Composição florística (A) e coeficiente de mistura do levantamento florístico (B) do IFAM1 ZL e para o IFAM2 DI, na Bacia Hidrográfica do Educandos, área urbana da cidade de Manaus/AM, relatório março/2020.

Para o NDVI, foi utilizada imagem de satélite *Landsat* 8, através do catálogo de imagens do *United States Geological Survey* (USGS). A imagem do satélite utilizada para a análise da área refere a data de 25/11/2019, que corresponde a área da Bacia Hidrográfica do Educandos de onde foram desenvolvidos os mosaicos das áreas de interesse, IFAM_ZL e área do IFAM_DI. Para obter o NDVI foram escolhidas as bandas 4R (4Red) e 5NIR (5 Ned Infrared NIR), que trabalham com comprimento de ondas visíveis na cor vermelha e comprimento de ondas no infravermelho próximo.

Depois, foi realizado o recorte vetorial em formato "KML" das áreas de estudo, que possibilitou o uso de apenas o limite das áreas de estudo IFAM_ZL e IFAM_DI". O recorte foi realizado no QGIS utilizando a ferramenta "extração". A próxima etapa tratou da a importação no QGIS das imagens baixadas (Bandas B4 e Banda B5) e do cálculo de reflectância através da Calculadora Raster, através da equação:

$$NDVI = (NIR - R) / (NIR + R)$$

Onde:

R é a refletância da banda do vermelho e;

NIR é da banda do infravermelho próximo.

Os inventários florísticos na área do IFAM_DI apontam que as famílias botânicas *Bignoniaceae* e *Arecaceae* apresentaram o maior Índice de Valor de Importância (IVI) no estrato arbóreo da mata ciliar, enquanto que no IFAM_ZL foram as famílias botânicas *Myristicaceae* e *Euphorbiaceae* com maior IVI.

A fisionomia dos dois fragmentos florestais mostrou-se muito diferente uma da outra, do ponto de vista da composição florística. No primeiro estrato (IFAM_ ZL), a floresta apresentou uma fisionomia típica de um fragmento florestal em mosaico, ocupado em seu entorno por uma intensa pressão urbana, onde pode-se constatar uma área de pastagem com plantio de mandioca e outra área florestal apresentando diversidade de espécies, próximas à nascente. Em relação ao fragmento florestal do IFAM_DI, a fisionomia apresenta elementos muito fortes de solo bastante arenoso, com composição florística de área de baixio e alta densidade de palmeiras, todas associadas à cursos d'água na margem e leito do fundo do vale das vertentes da nascente, localizadas próximo a foz da bacia. A manutenção da vegetação dessa mata ciliar contribui para a preservação de erosão e manutenção do habitat da fauna.

Com relação aos estudos de geoprocessamento nas áreas da Bacia Hidrográfica do Educandos, os dados espaciais têm avançado na interpretação da mudança de dolo ao longo da extensão da bacia.

O levantamento das feições como igarapé, área industrial, área residencial e de fragmentos florestais da bacia do Educandos, tem contribuído substancialmente na visualização evolutiva da dinâmica do processo de ocupação. A representação gráfica detalhada do relevo e curvas de nível na bacia, com a associação dos dados de campo e coordenadas geográficas, tem colaborado na montagem e interpretação das imagens de satélite e na composição do mosaico de impactos territoriais dessa bacia hidrográfica.

Um planejamento urbano através da identificação de áreas críticas de desmatamento e uso do solo nas microbacias e bacias hidrográficas, principalmente a Bacia do Educandos, torna-se ação prioritária para conservação desses mananciais, sendo urgentes planos de reflorestamento das áreas afetadas, dentro da lógica de corredores biológicos.

Para o levantamento de espécies, foi realizada expedição científica de campo para marcação das parcelas do levantamento botânico no ponto IFAM 1 ZL (Zona Leste), nos bairros do Zumbi e Armando Mendes. O trabalho foi realizado em uma das nascentes do Igarapé do Quarenta localizada dentro da área preservada do Instituto. Foram demarcadas as unidades amostrais por meio de um conglomerado com área total de 2.000 m², formado por quatro subunidades, com área de 500 m², medindo 10 metros de largura e 50 metros de comprimento, orientadas na direção dos quatro pontos cardeais (norte, sul, leste e oeste) (Figura 112).

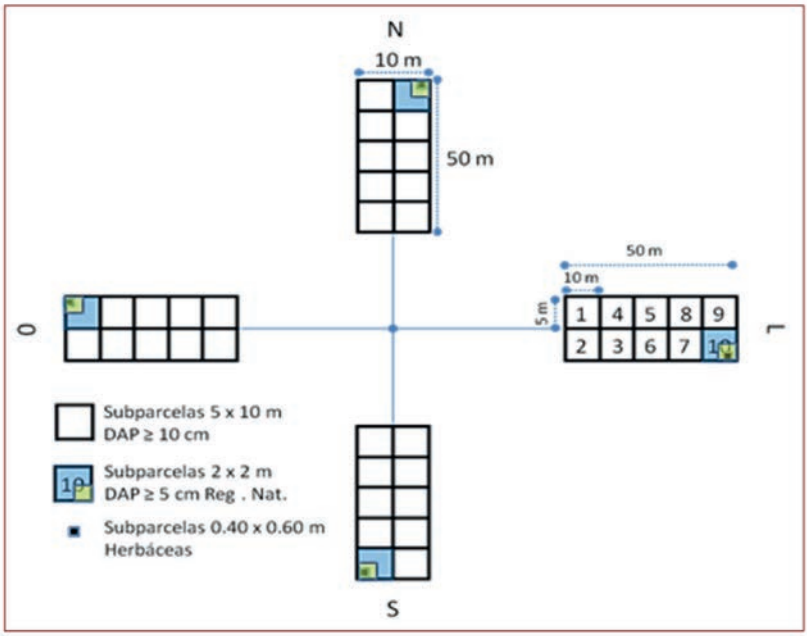


Figura 112: Desenho amostral das parcelas demarcadas no ponto IFAM_1_ZL (Zona Leste).

Foram realizadas várias expedições científicas de campo para o inventário florístico no ponto do IFAM1_ZL (Zona Leste), sendo inventariadas todas as espécies das parcelas demarcadas com DAP ≥ 10 cm e a regeneração natural.

As espécies foram previamente determinadas de acordo com numeração em placas de alumínio, em seguida o material vegetal (folha, folíolos, galhos, flores ou frutos) era prensado em papel jornal devidamente numerado. Caso o material estivesse fértil (com flor ou fruto), seguiam

coletas de mais de uma amostra por planta para depósito ou incorporação ao acervo de coletas e registro no Herbário do INPA.

Foram coletadas todas as espécies presentes na área, junto com as espécies do material regenerativo, em parcelas menores de 1 x 1m e 2 x 2m no final de cada parcela, cobrindo, portanto, toda área de estudo. O material seguiu no processo normal de secagem em laboratório de preparação de amostras botânicas, levado à estufa a uma temperatura média de 60°C, por determinados períodos de 2 a 3 dias.

Para o levantamento das espécies na área de estudo, todos os indivíduos arbóreos vivos foram levantados. Foi realizada a identificação das espécies, com nome vulgar ou cientifico, em seguida realizados o plaqueteamento, medição de diâmetros e alturas, além da avaliação de sanidade, qualidade e posição na floresta. O material botânico (ramos com ou sem material frutífero) das espécies levantadas foi coletadas com auxílio de tesoura de poda alta e quando necessário os indivíduos muito altos foram escalados por profissional especialista, para a obtenção do material botânico fértil em cada unidade amostral – norte, sul, leste e oeste. Todo material coletado foi prensado e levado ao Herbário no INPA para a confirmação da identificação da espécie.

Para o levantamento na área do IFAM_ZL, foram processados e identificados os transectos definidos pela metodologia de uma área linear, perfazendo 2 plots de 20 x 50 metros e 10 x 100 metros, em função da topografia e localização da nascente, diferenciando-se da área anterior da nascente do IFAM_ZL, que a metodologia adotada foi em quadrantes. A estrutura e composição da área inventariada também foi diferenciada em função da diversidade florística de espécies em relação a área do IFAM_ZL.

Identificou-se 126 indivíduos de plantas, perfazendo 23 famílias botânicas, seguido por 42 gêneros e 50 espécies. Vale ressaltar a presença de 8 espécies clímax e 1 espécie pioneira na composição florística da nascente estudada. A curva espécie-área demonstrou uma estabilização nas 50 espécies levantadas no referido écotono, indicando que a metodologia adotada de 50 metros para o levantamento de mata ciliar é ideal para comparação da vegetação com as curvas de níveis e a nascente.

Depois da escolha das arvores marcadas com pontos de GPS e ferramenta *Wikiloc*, os pontos foram transferidos para o software QGIS e *Google Earth Pro*. Junto com os pontos de localização também foram definidos pontos de elevação de cada área inventariadas, IFAM_ZL e IFAM_DI.

Depois de transferidos, os dados no Google Earth Pro foram salvos em formato KML, em seguida convertidos em *.cvs*, no programa *TCX Converter.* Nesse programa, foram extraídos os dados de elevação, uma forma também de obter a extração da curva de nível. Os dados convertidos foram plotados no programa Qgis para o processamento final. O sistema de referência de coordenadas utilizado na elaboração do mapa foi o SIRGAS 2.000/UTM.

Foram levantados na área do IFAM1 ZL (Zona Leste) um total de 136 indivíduos, 50 espécies, 42 gêneros e 23 famílias botânicas presentes nas unidades amostrais por meio de um conglomerado com área total de 2.000 m^2, formado por quatro subunidades, com área de 500 m^2.

Foram levantados na área do IFAM2 DI (Distrito Industrial), que abriga uma nascente do igarapé da Vovó, tributário do Igarapé do Quarenta, um total de 107 indivíduos presentes nas unidades amostrais por meio de transectos amostrados com área total de 2000 m^2, um de 10 x 100 m (1.000 m^2) e outro de 20 x 50 m (1.000 m^2). O levantamento florístico, a coleta do material botânico, prensagem e acondicionamento em estufa já foram concluídos. A identificação do material botânico já foi concluída e os dados preliminares revelam um total de 107 indivíduos presentes. Os dados fitossociológicos estão sendo processados, tabulados e analisados.

Como resultado do levantamento na área do IFAM_ZL e IFAM-DI, foram feitas comparações florísticas entre as duas áreas estudadas, os dois grupos vegetacionais identificados na análise do quociente de mistura de Jentsch, que expressa a relação entre o número de espécies e indivíduos, sendo que dois indivíduos da mesma espécie são necessários para cada espécie inventariada. A estrutura e composição do grupo vegetacional do IFAM-DI foi diferenciada em função da diversidade florística de espécies em relação da área do IFAM_ZL, embora constatou-se número menor de indivíduos, famílias e espécies ocorrentes na referida área, a diversidade de espécies foi maior em relação área do IFAM_ZL, quando aplicados o índice de mistura de Jentsch. Foram identificados 107 indivíduos de plantas, perfazendo 17 famílias botânicas, seguido por 29 gêneros e 34 espécies.

Com base nos relatórios finais da equipe do Grupo do Mapeamento Vegetal das áreas estudadas, resultando em três capítulos para o livro do Projeto IETÉ, os resultados apontados para os estudos florísticos e do uso do solo são os seguintes:

Como resultado dos levantamentos botânicos nas áreas de mata ciliar em torno de nascentes, no IFAM_DI, foram processados e identificados os transectos definidos pela metodologia uma área linear, perfazendo 2 plots de 20 x 50 metros e 10 x 100 metros, em função da topografia e localização da nascente, diferenciando-se da área da nascente do IFAM_ZL, onde a metodologia adotada foi em 4 quadrantes de 20x50m. A estrutura e composição da área do IFAM_DI também foi diferenciada em função da diversidade florística de espécies em relação a área do IFAM_ZL. Identificou-se 126 indivíduos de plantas, perfazendo 23 famílias botânicas, seguido por 42 gêneros e 50 espécies. Vale ressaltar a presença de 8 espécies clímax e 1 espécie pioneira na composição florística da nascente estudada. A curva espécie-área demonstrou uma estabilização nas 50 espécies levantadas no referido écotono, indicando que a metodologia adotada de 50 m para o levantamento de mata ciliar é ideal para comparação da vegetação com as curvas de níveis e a nascente.

Com relação aos estudos de geoprocessamento nas áreas da Bacia do Educandos, os dados espaciais amostrados têm colaborado na interpretação dos aspectos físico-territoriais, assistidos pelo programa QGIS. Contudo, é necessário ainda associar os dados de campo à fotografias aéreas e ao programa QGIS para melhor interpretação territorial dessa bacia.

O desenvolvimento econômico obtido com a Zona Franca de Manaus representou um modelo excelente para geração de emprego e renda na região, contudo trouxe impactos ao equilíbrio ambiental por conta do aumento da densidade demográfica sem planejamento urbano. Tanto o processo produtivo quanto a falta de infraestrutura básica urbana não tiveram qualquer tipo de regulamentação pelo poder público que pudesse compatibilizar a natureza com a sociedade. A configuração da cidade obtida por invasões sem o mínimo controle de uso racional dos espaços causou problemas sérios de comprometimento das nascentes do Igarapé do Quarenta. Portanto, a necessidade de aliar os representantes do poder público, da academia, das indústrias e a sociedade civil torna-se imperativa no desenvolvimento de projetos de planejamento urbano e ambiental.

Em relação ao fragmento florestal do IFAM_DI, sua fisionomia apresenta elementos óbvios de solo bastante arenoso, com composição florística de área de baixio e alta densidade de palmeiras, todas associadas à cursos d'água na margem e leito do fundo do vale das vertentes da nascente, localizada próximo a foz da bacia. A manutenção da vegetação

dessa mata ciliar contribui para a preservação de erosão e manutenção do habitat da fauna.

Com relação aos estudos de geoprocessamento nas áreas da Bacia do Educandos, os dados espaciais tem avançado na interpretação da Mudança de Solo ao longo da extensão da bacia. O levantamento das feições como igarapé, área industrial, residencial e de fragmentos florestais da bacia do Educandos, tem contribuído substancialmente na visualização evolutiva da dinâmica do processo de ocupação. A representação gráfica detalhada do relevo e curvas de níveis na bacia com a associação dos dados de campo e coordenadas geográficas tem colaborado na montagem e interpretação das imagens de satélite e na composição do mosaico e impactos territoriais dessa bacia hidrográfica.

Um planejamento urbano através da identificação de áreas críticas de desmatamento e uso do solo nas microbacias e bacias hidrográficas, principalmente a Bacia Hidrográfica do Educandos, torna-se ação prioritária para conservação desses mananciais, tornando-se urgente planos de reflorestamento das áreas afetadas, no sentido de serem reflorestadas dentro da lógica de corredores biológicos.

A curva espécie-área relaciona o número de espécies encontradas numa determinada área definida de um determinado habitat. Ela está ligada com a curva de descoberta de espécies. O resultado para todas as áreas amostradas na Bacia do Igarapé do Educandos demonstrou uma tendência de estabilização ao número de espécies (Figura 113). Os dados demonstram que as parcelas amostradas foram suficientes para descrição da composição florística.

O índice de diversidade do quociente de mistura de Jentsch, calculado para todas as nascentes, foram, respectivamente, 2,52 esp./ind. (área IFAM1 ZL), mostrando uma relação de 1/2 ou a cada 2 indivíduos em média no surgimento de uma nova espécie e 3,15 esp./ind. (IFAM2 DI), mostrando uma relação de 1/3 ou a cada 3 indivíduos em média no surgimento de uma nova espécie. Portanto, quanto menor o denominador, maior diversidade de espécies.

No levantamento da vegetação no entorno das nascentes da Bacia do Igarapé do Educandos, a densidade total observada no conjunto de nascentes analisadas foi de 126 indivíduos/0,2 ha e a área basal, de 3,4 m^2/0,2 ha para o IFAM1 ZL e de 107 indivíduos/0,2 ha e a área basal, de 5,0 m^2/0,2 ha no IFAM2 DI.

A vegetação nas áreas de nascentes atua como um amortecedor das chuvas, obstruindo seu impacto direto sobre o solo, e atenua os efeitos da compactação. Com isso, e em conjunto com toda massa de raízes dos vegetais, cria condições para que o solo permaneça poroso e com capacidade permeável de absorver água das chuvas e manter o lençol freático, evitando o escoamento superficial excessivo, como carregamento de partículas e resíduos tóxicos oriundos das atividades agrícolas, protegendo assim a bacia hidrográfica como um todo. Assim, essas áreas são essenciais para manutenção do abastecimento de água de boa qualidade.

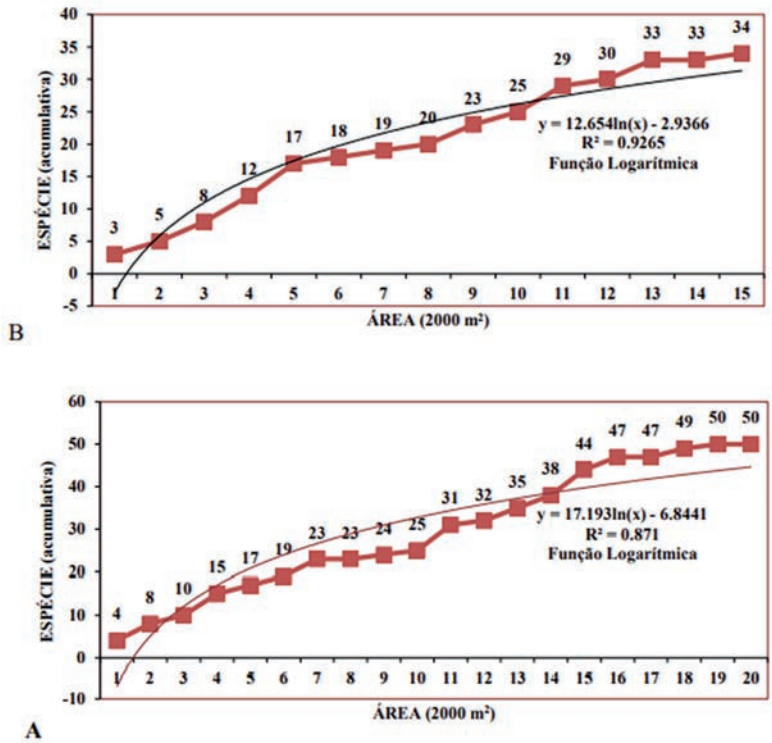
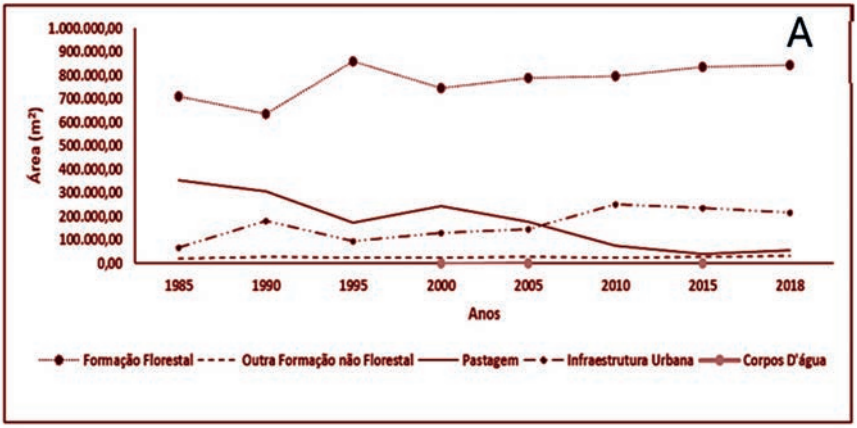


Figura 113: Curva espécie área para o levantamento do IFAM2 CMDI (A) e para IFAM1 CMZL (B) na Bacia Hidrográfica do Educandos, área urbana da cidade de Manaus/AM.

O resultado da dinâmica espaço-temporal da mudança da cobertura da terra nas duas áreas analisadas está representado na Figura 6. Com base nas análises feitas, pode-se observar no gráfico que as maiores quedas da formação florestal ocorreram no ano de 1990, nas duas áreas de estudo. Observou-se que no ano de 1985 a classe dominante nas duas

áreas estudadas, IFAM_DI e IFAM_ZL, foi a formação florestal, seguida da pastagem na área no IFAM_ZL. Nas imagens abaixo observa-se o avanço de ganho de vegetação e diminuição da pastagem a partir do ano 2000 (Figura 114). Já na área do IFAM_DI, observa-se a diminuição drástica da formação florestal nos anos de 1985 a 1990 e um aumento da infraestrura urbana nesse período.



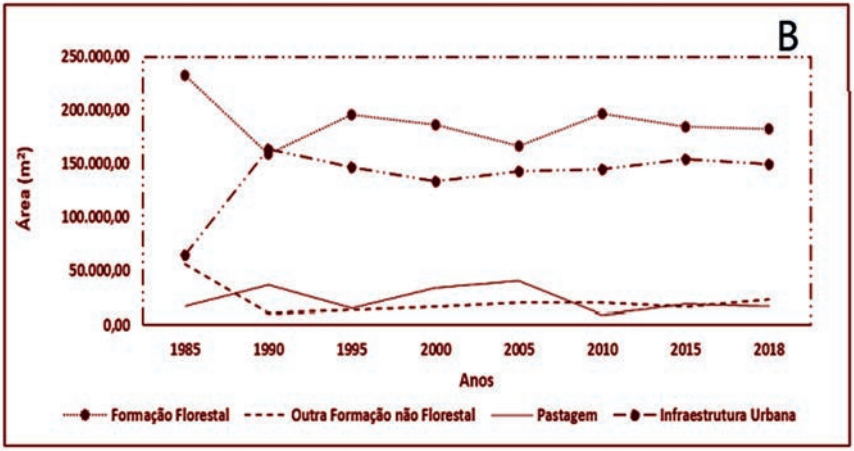


Figura 114: Mudança temporal da cobertura e uso da terra das áreas da nascente do IFAM_DI (A) e IFAM_ZL (B).

Foz da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus – AM.

Capítulo 3

Disseminação do Conhecimento Técnico-Científico

3.1 Reuniões Técnicas (RT) e Workshop do Projeto IETÉ

Estas reuniões foram realizadas a cada três meses, com a participação dos integrantes do projeto, da SBR-SAMSUNG e FAEPI. No decorrer do ano calendário foram realizadas onze (11) reuniões técnicas de acompanhamento das atividades desenvolvidas por cada área de pesquisa do projeto. Nessas reuniões, foram apresentadas a evolução do projeto avaliando-se os resultados alcançados e as dificuldades encontradas ao longo do período. A proposta teve o objetivo de disseminar o conhecimento gerado tanto para o público interno quanto para o externo, conforme recomendado na Resolução número 153/2013 do artigo 4º, parágrafo 1º, considerando que são enviados convites a todas as entidades locais ou gestores estaduais interessadas ou afetas ao assunto.

A primeira reunião técnica foi realizada no dia 14 de agosto de 2019 e contou com a presença dos representantes da SAMSUNG/SEDA-M e o consultor Willian Kashimura (Figura 115). A reunião foi restrita para os coordenadores de cada área que compõe o projeto.

Figura 115: Primeira Reunião Técnica do Projeto IETÉ no dia 14/08/2019 – INPA.

A segunda reunião técnica foi realizada no dia 19 de setembro do mesmo ano. A partir dessa reunião optou-se por convidar todos os bolsistas do projeto para participar como ouvintes da reunião, uma vez que o conteúdo científico é de grande relevância para seu aprendizado (Figura 116).

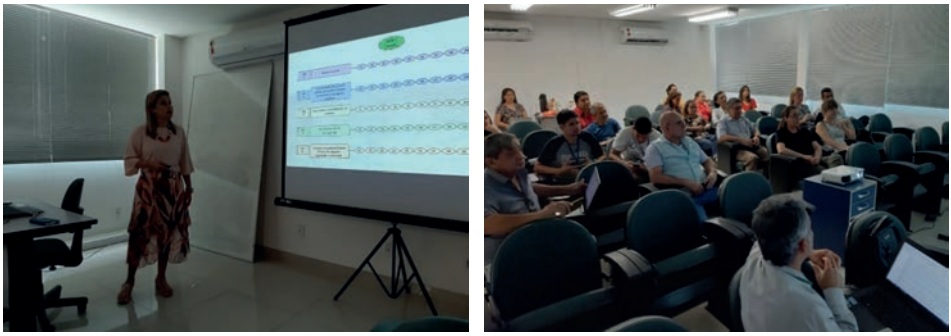


Figura 116: II Reunião Técnica do Projeto IETÉ no dia 19/09/2019.

A terceira reunião técnica ocorreu no dia 17 de outubro de 2019, com a presença do representante da diretoria do INPA, Sr. Sérgio Guimarães, e dos representantes da SAMSUNG/SEDA-M, Sr. Euzébio Lee e Sra. Regina Lee (Figura 117).

Figura 117: III Reunião Técnica do Projeto IETÉ no dia 17/10/2019.

A quarta reunião técnica ocorreu no auditório da COCAP no INPA e contou com a presença da diretora e vice-diretora do INPA, Sras. Antônia Franco e Hillândia Brandão; dos representantes da SAMSUNG, Sra. Regina Lee, Sr. Marcos, Sr. Pedro Sosa, Sr. Jorge Átila e o consultor Sr. Willian Kashimura; dos representantes da FAEPI, Sr. Willamys Salgado, Sr. Evandro Junior; e representante da SUFRAMA, Cel. Alcimar Marques de Araújo Martins, Superintendente Adjunto da SAP (Figura 118).

Figura 118: IV Reunião Técnica do Projeto IETÉ no dia 19/11/2019 – INPA.

A quinta reunião técnica aconteceu no mesmo dia do lançamento do Projeto IETÉ pelo INPA, no dia 09/12/2019, no Auditório de Ciência do INPA, e contou com a presença de autoridades, estudantes, representantes municipais e estaduais (119).

Figura 119: V Reunião Técnica do Projeto IETÉ no dia 09/12/2019 – INPA.

A sexta reunião técnica aconteceu por vídeoconferência no período de 24 a 27 de novembro de 2020 e de 1 a 4 de dezembro de 2020, com a participação dos bolsistas do Projeto IETÉ, representantes da SEDA-M e FAEPI (Figura 120). As apresentações aconteceram às terças, quintas e sextas-feiras das 09h às12h.

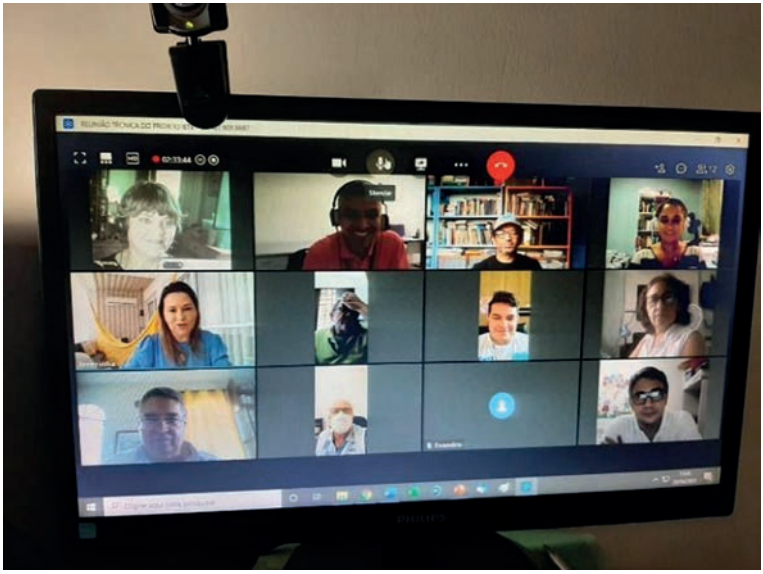
(A)

(B)

Figura 120: Primeira página da apresentação (A) e agenda da VI Reunião Técnica do Projeto IETÉ (B).

A sétima reunião técnica aconteceu por vídeo conferência na plataforma TEAMLINK no dia 29 de abril de 2021, com a participação dos membros do comitê do Projeto IETÉ, representantes da SEDA-M e FAEPI (Figura 121).

(A)



(B)

Figura 121: Primeira página da apresentação (A) e registro da equipe participante da VII Reunião Técnica do Projeto IETÉ (B).

Em agosto foi realizada a oitava (VIII)reunião técnica do projeto (Figura 122), de forma online, pela plataforma KNOX MEETING, da SAMSUNG.

Figura 122: Apresentação da VIII Reunião Técnica do Projeto IETÉ. Fonte: Acervo Projeto IETÉ.

A nona reunião técnica foi realizada no Prédio COCAP, INPA – Campus I, com transmissão via plataforma YouTube, pelos coordenadores do projeto (Figura 123), com apresentações intermediadas pela Dra. Maria Terezinha Ferreira Monteiro.

No segundo dia de reunião (26/10/21), os bolsistas do projeto apresentaram cerca de 19 pôsteres de forma presencial que também tiveram a transmissão via YouTube para toda comunidade científica, sobre os mais diversos temas que englobaram as diferentes áreas que compõem o Projeto IETÉ.

A nona reunião técnica, coincidiu com a realização do II WORKSHOP DO PROJETO IETÉ, nos dias 25 e 26/10/21 na modalidade híbrida, que contou com a participação de cerca de 36 bolsistas do projeto das diferentes áreas de Meteorologia, Hidrologia, Química Ambiental e Hidrogeologia (Figura 124). Na oportunidade foram apresentados os resultados das pesquisas de 2021.

Figura 123: Apresentação dos resultados das atividades do projeto, intermediada pela Dra. Maria Terezinha Monteiro, pelos coordenadores das diferentes áreas: Dra. Ana Rosa Tundis Vital, Dr. Sávio José Filgueiras Ferreira, Dr. Márcio Luiz da Silva e Dr. Luiz Antonio Candido. Fonte: Acervo Projeto IETÉ.

Lista de Apresentações da IX Reunião Técnica:

Avaliação dos teores de fosfato e fósforo total em igarapés da bacia hidrográfica do Educandos. **Ferreira, P. R. G.; Teixeira, N. Q.; Abreu, A. C.; Lages, A. S.; Miranda, S. A. F.; Ferreira, S. J. F.**

Caracterização físico-química de uma Estação de Tratamento de Efluentes Ecológica visando a construção de um filtro de carvão ativado a partir de resíduos de frutas amazônicas. **Albuquerque, S. D.; Silva, M.L.; Lages, A. S.; Ferreira. S.J.F.; Cavalcanti, M.A.; Brito, W. L. P.; Alves, T. A.; Marques, S. M.**

Possíveis relações entre casos de Doenças Renais Crônicas em Manaus e contaminações por chumbo (Pb) e cádmio (Cd) nas cercanias do Igarapé do Quarenta, em Manaus – AM. **Lages, A. S.; Miranda, S. A. F.; Ferreira, S. J. F.; Abreu, A. C.; Albuquerque, S. D.; Silva, M. L.**

Dinâmica dos metais pesados nas águas do Igarapé do Quarenta: o corpo de água que cruza o pólo industrial da amazônia brasileira. **Lages, a. S.; Miranda, S. A. F.; Ferreira, S. J. F.; Abreu, A. C.; Albuquerque, S. D.; Silva, M. L.**

Contaminação por coliformes fecais ao longo da história humana: uma revisão histórica e metodológica sobre a incidência de *E. coli* em corpos de água. **Matias, A. C. C; Ferreira. S.J.F.; Lages, A. S.; Miranda, S.A.F.; Abreu, A. C; Albuquerque, S. D.**

Reflexos na Hidrogeoquimica na bacia Hidrográfica do Educandos. **Bringel, S.R.B.; Abreu, A.C.; Miranda, S.A.F.; Guerreiro, G.; Lages, A.S.**

Estudo hidrológico dos gases (CO2 e CH4) dissolvidos em diferentes bacias hidrográficas na Amazônia Central. **Freitas, E.P.; Ferreira, S. J. F.; Duvoisin, S. J.; Asperen, H. V., Almeida, C. N.; Bastos, A. S.; Aquino, T.N.; Lopes, A., Alves, T.A., Sarmento, J.**

Utilização de imagens aéreas georreferenciadas para monitoramento ambiental da Bacia do Educandos. **Conceição, A. C.; Silva, M.L.; Monteiro, M. T. F.; Candido, L.A.; Ferreira. S.J.F.**

Geofísica aplicada ao estudo de águas subterrâneas no Projeto IETÉ. **Dehaini, J.; Costa, J.S.; Silva, M.L.; Brito, A.P.; Conceição, A.C.; Rolim, L.P.A.** (Figura 125).

Métodos aplicados na análise sedimentológica das amostras de solo do Projeto IETÉ. **Rolim, L.P.A; Silva, M.L.; Costa, J.S; Dehaini, J; Pimentel; Brito, A.P**.

Diagnóstico do Potencial de Resíduos Agroflorestais para Sistemas Filtrantes de Água **Marques, S. M.; Albuquerque, S. D.; Cavalcanti, M. A.; Lourinho, C. P.; Silva, M.L.**

Aspectos hidrogeológicos e uso das águas subterrâneas na Bacia Hidrográfica do Educandos. **Costa, J. S; Silva, M.L.; Dehaini, J.; Brito, A. P.; Rolim, L. P. A.; Conceição, A. C.** (Figura 125).

Estudo comparativo entre as vazões das regiões de nascente da Bacia do Educandos e da microbacia Açu. **Brito, A.P.; Vital, A.R.T.; Ferreira. S.J.F.; Almeida, C.N.; Aquino, T.N.; Alves, T.A.**

Relação entre topografia e recarga para o Lago Amazônico e a microbacia do Igarapé Açu. **Brito, A.P.; Ferreira. S.J.F.; Vital, A.R.T.; Brito, W.L.P.; Costa, J. S. Silva, M. L.**

Análise das variáveis físico-química das águas de precipitação interna em área florestal da Amazônia Central. **Vital, A.R.T.; Arcos, A.N.; Santos, M.S.; Lopes, A.; Pereira, J.S.; Almeida, C.N.; Vieira, J.P.S.; Nascimento, T.A.; Souza, J.P.A.; Ferreira, S.J.F.**

Boletim Mensal da Precipitação na ZF2 | Microbacia do Igarapé Açu | 2021-setembro **Almeida, C.N.; Florentino, A.P.P.; Souza, J.P.A.; Ríos--Villamizar, E.A.; Vital, A.R.T.; Silva, M.L.; Monteiro, M.T.F.; Candido, L.A.; Ferreira, S.J.F.**

Precipitação Interna na microbacia do Açu-ZF2 na Amazônia Central. **Vital, A.R.T.; Santos, M.S.; Arcos, A.N.; Ferreira, S.J.F. Lopes, A.; Pereira, J.S.; Almeida, C.N.; Vieira, J.P.S.; Nascimento, T.A.; Souza, J.P.A.**

Conectividade e Alta Tecnologia Aplicado ao Monitoramento Meteorológico Urbano e a sustentabilidade hídrica: O exemplo da Rede IETÉ. **Oliveira, R. C.; Temoteo, Gleice G.; Candido, L.A.**

Inovação na determinação da disponibilidade hídrica na área urbana de Manaus: Integração entre rede de dados meteorológicos e aplicação de modelos climáticos na escala de cidades. **Temoteo, Gleice G.; Oliveira, R.C.; Candido, L.A.**

Figura 124: II Workshop do Projeto IETÉ. Fonte: Acervo Projeto IETÉ – Campus I – INPA.

II Workshop Projeto IETÉ

Geofísica aplicada ao estudo de águas subterrâneas no Projeto IETÉ.

PESQUISADORES: Dehaini, J.; Costa, J.S.; Silva, M.L.; Brito, A.P.; Conceição, A.C.; Rolim, L.P.A

Introdução

As atividades propostas no projeto compreendem: a) levantamento e revisão bibliográfica; b) levantamento de dados geofísicos existentes na região e; c) estratégia de levantamento de dados nas áreas de estudo para estimativa de profundidade de nível d'água pelo método da eletroresistividade. As atividades têm sido desenvolvidas desde o setembro de 2019. Essa apresentação constitui-se de compilação dos resultados do levantamento geofísico executados em todas as áreas do Projeto IETÉ.

Geofísica – Método da Eletrorresistividade

No estudo de águas subterrâneas e problemas ambientais em subsuperfície, o método da eletrorresistividade é uma ferramenta de fundamental importância (Figura 1). Este método se baseia no estudo de propriedades eletromagnéticas das rochas, sendo geralmente, a magnitude mais significativa a resistividade elétrica (ou sua inversa, a condutividade elétrica). As técnicas de medidas variam entre a sondagem elétrica vertical (SEV), caminhamento elétrico e mais recentemente surgiu o imageamento geoelétrico, esse último tratando-se de caminhamento elétrico beneficiado com tecnologias que propiciam aquisição rápida de uma grande densidade dados devido a sua operacionalidade.

No Projeto IETÉ foi aplicado a sondagem elétrica vertical para indicar a profundidade do nível d'água e possíveis indícios de contaminação quando existente em todas as áreas da bacia do Educandos (Tabela 1, Figura 2 e Figura 3).

Figura 1 – Disposição dos eletrodos de corrente (AB) e de potencial (MN) para execução de SEV.

Tabela 1 – Resumo do levantamento de sondagens elétricas em campo desde 2019.

Área de Estudo	Número de SEVs	Período de levantamento
INPA – Entorno do Lago Amazônico	6 SEVs	05-10/2019
INPA – Próximo a IETÉ	2 SEVs	10/2020
SAMSUNG	4 SEVs	11-12/2020
SEDUC	4 SEVs	01/2021
Conjunto Manaus 2000	3 SEVs	01/2021
Polo Distrito Industrial	3 SEVs	03-04/2021
Reserva Biológica de Cuieiras (ZF2 Km 34)	2 SEVs	04-05/2021
Reserva Biológica Adolpho Ducke	3 SEVs	04-05/2021
	4 SEVs	05/2021 – 06/2021

Figura 2 – Localização das linhas de execução de Sondagens Elétricas Verticais (SEV).

Figura 3 – Etapas do levantamento geofísico: a) execução de SEV em campo; b) processamento dos dados; c) interpretação dos resultados das SEVs executadas na Reserva Biológica Adolpho Ducke.

II Workshop Projeto IETÉ

ASPECTOS HIDROGEOLÓGICOS E USO DA ÁGUA SUBTERRÂNEA NA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS

PESQUISADORES: Costa, J. S; Silva, M.L.; Dehaini, J.; Brito, A. P.; Rolim, L. P. A.; Conceição, A. C.

INTRODUÇÃO

A Bacia Hidrográfica do Educandos é uma das principais bacias hidrográficas na área urbana de Manaus, localizando-se integralmente no perímetro urbano da cidade. Seu principal tributário é o Igarapé do Quarenta. Suas águas superficiais encontram-se significativamente degradadas devido, entre outros fatores, ao esgoto doméstico e industrial lançado. A bacia está situada sobre o Aquífero Alter do Chão, um dos mais importantes aquíferos do país (GONÇALES & MIRANDA, 2014). Suas águas são de extrema importância para o abastecimento de inúmeras atividades econômicas e domésticas na Bacia e para a cidade de Manaus. O presente trabalho objetiva caracterizar os aspectos hidrogeológicos locais e a distribuição dos tipos de usos de água subterrânea na bacia hidrográfica.

MATERIAL E MÉTODOS

Para caracterização da hidrogeologia local, foram obtidas as fichas técnicas dos poços tubulares perfurados na área de estudo, que são disponibilizados gratuitamente para *download* no Sistema de Informações de Águas Subterrâneas (SIAGAS) do Serviço Geológico Brasileiro (CPRM), além dos dados obtidos a partir da perfuração de 5 poços de monitoramento do Projeto IETÉ na bacia, para a construção da seção hidrogeológica esquemática. Para o diagnóstico quanto ao uso foram utilizados as informações disponibilizadas pela base de dados do SIAGAS/CPRM, que informa a finalidade do uso da água subterrânea.

RESULTADOS

Os poços escolhidos apresentavam informações completas acerca da descrição geológica e os aspectos construtivos. A partir da espacialização dos poços na área de estudo, e da inferência dos contatos laterais das unidades hidrogeológicas foi elaborada a seção A-B mostrada na figura a seguir:

A seção hidrogeológica mostra a relação espacial das camadas aquíferas e as camadas que se comportam como aquicludo. Observa-se que a maior parte da seção é composta por Arenito Argiloso, seguido pelo Arenito. As camadas argilosas são importantes no contexto do aquífero livre, visto que ajudam na proteção da porção mais profunda do aquífero, evitando a percolação de contaminantes.

Figura 1. Seção Hidrogeológica esquemática da área de estudo.

Na base de dados do SIAGAS/CPRM estão cadastrados 4.782 poços no município de Manaus, desses 677 estão localizados na Bacia do Educandos, sendo o seu uso distribuído entre abastecimento industrial (33,5%), doméstico (23,3%), abastecimento público urbano (9,6%), abastecimento múltiplo (23,8%), agropecuário (9,1%) e outros (9,7%).

CONSIDERAÇÕES

As características da hidrogeologia local da Bacia do Educandos mostram que camadas de argila podem funcionar como uma barreira natural de contaminação, devido sua característica natural de baixa permeabilidade. Essa característica é importante devido a intensa degradação dos corpos hídricos superficiais. Os usos predominantes na área são industrial, devido a presença do Distrito Industrial na bacia, e o uso doméstico. Salienta-se a preocupação com a sustentabilidade da explotação do aquífero, principalmente na região industrial onde há um número expressivo de poços tubulares.

REFERÊNCIAS

CPRM (Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais). 2018. SIAGAS: Sistema de Informações de Águas Subterrâneas. 2018. Disponível em: <http://siagasweb.cpm.gov.br/laqua/>. Acesso em 03 set. 2021.
GONÇALES, S. C. B.; MIRANDA, J. S. N. Caracterização da Qualidade das Águas Subterrâneas do Aquífero Alter do Chão, Estudos de Caso das Estações da Rede de Monitoramento de Águas Subterrâneas (Rimas–CPRM) no Município de Manaus-Am. Águas Subterrâneas, 2014.

Figura 125: Exemplos de apresentações em formato banner no II WorkShop do projeto IETÉ – INPA.

A décima reunião técnica ocorreu nos dias 19 e 20 de abril de 2022, no auditório da COCAP – INPA (Figura 126).

Figura 126: X Reunião Técnica do Projeto IETÉ – COCAP – INPA.

Na oportunidade foram apresentados dezessete trabalhos, das diferentes áreas do projeto, de acordo com a listagem abaixo:

1. Maria Terezinha Monteiro. **IETÉ em números – exemplo de uma cooperação público privada.**
2. Alderlene Pimentel de Brito. **Estudos hidrológicos na Bacia do Educandos.**
3. Maria Juliana de Melo Monte. **Atividades hidrogeológicas em duas bacias hidrográficas de Manaus.**

4. Anderson da Silva Lages. **Proposição de um IQA estatístico e de razões iônicas como ferramentas de avaliação da Bacia Hidrográfica do Educandos, em Manaus – AM.**
5. Denisi Holanda Hall. **Monitoramento meteorológico urbano de Manaus.**
6. Ana Lúcia Machado. **Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos**
7. Fabio Alexandre Costa Mota. **Avaliação de possíveis interações entre aquífero e água superficial nas cercanias de uma nascente da Bacia Hidrográfica do Educandos, na Zona Leste de Manaus.**
8. Sâmia Dourado de Albuquerque. **Determinação de sistemas de filtragem com resíduos agroflorestais carbonizados da Amazônia e sua eficiência em sistema de reinjeção de água tratada no aquífero.**
9. Renato Cruz Senna. **Determinação dos coeficientes da relação de estimativa de precipitação a partir dos dados do Radar Meteorológico de Manaus, na área da Bacia Hidrográfica do Educandos.**
10. Anthony Lopes. **Precipitação Total e Interna.**
11. Claudenilson Nogueira de Almeida. **Medições de vazão do nível d´água em duas bacias hidrográficas.**
12. Adriana Castro da Conceição. **Drone Multispectral como apoio às atividades do Projeto IETE – Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos.**
13. Larissa Pena de Abreu Rolim. **Análise granulométrica a partir do Analisador de Partículas a Laser.**
14. Lucindo Antunes Fernandes Neto. **Comportamento da dinâmica do nível de água em subsuperfície no entorno do Lago Amazônico – Bosque da Ciência – INPA.**
15. Sâmia Dourado de Albuquerque. **Determinação da eficiência de filtragem de água de reuso via mistura de carvão vegetal e argila expandida.**
16. Angélica Chrystina Cruz Matias. **Bactérias consumidoras de Fosfato em uma Bacia Hidrográfica urbana no centro da Amazônia.**
17. Paulo Renan Ferreira. **Avaliação dos teores de ortofosfato em função do pH em igarapés da Bacia Hidrográfica do Educandos.**

A XI reunião técnica do Projeto IETÉ ocorreu no dia 24 de agosto de 2022, no Prédio COCAP, Campus I do INPA. Participaram os bolsistas do projeto e representantes da SAMSUNG (Figura 127).

Figura 127: XI Reunião Técnica (24/08/22) no Prédio COCAP – Campus I do INPA.

Na oportunidade foram apresentados doze trabalhos, das diferentes áreas do projeto, de acordo com a listagem abaixo:

1. Sergio R. Bulcão Bringel. **Bacia Hidrográfica do Educandos: Uma Retrospectiva Ambiental**.
2. Jamile Dehaini. **Aplicação de tomografia elétrica para monitoramento de recarga artificial em subsuperfície**.
3. Luiz Antonio Candido **Monitoramento Meteorológico e Modelagem Climática na Rede IETÉ: avanços e aplicações.**
4. Sâmia Dourado de Albuquerque. **Obtenção de sistema de filtragem com argilomineral e a determinação de sua eficiência no tratamento de águas residuárias**.
5. João da Silva Carvalho. **Perfilagens geotérmicas de poços – Projeto IETÉ (Reserva Florestal Adolfo Ducke) – Manaus.**
6. Alderlene de Brito. **Aspectos hidrológicos da BHE: resultados e discussões**.
7. Maria Juliana Monte. **Primeiros resultados dos testes de injeção na RFAD**.
8. Adriano Nobre Arcos. **Monitoramento da precipitação em área urbana e florestal na região metropolitana de Manaus.**
9. Renato Cruz Senna. **Climatologia da Precipitação da Bacia Hidrográfica do Educandos**.

10. Ananda Gabrielle de Matos Rebêlo. **Potencial fitorremediador de espécies florestais amazônicas em solo contaminado por rejeito de mineração.**
11. Anderson Lages. **Geoquímica de diversos compartimentos de água na Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE.**
12. Brendha Caroline. **Desenvolvimento de uma metodologia para análise de Demanda Química de Oxigênio – DQO.**

A última reunião técnica do projeto IETÉ (XII) ocorreu em dezembro de 2022 no auditório Dr. Flávio Luizão, LBA/INPA (Figura 128). Participaram da reunião os bolsistas do Projeto com representantes da SEDA-M.

Figura 128: XII Reunião Técnica do Projeto IETÉ – Prédio do LBA – INPA.

Na oportunidade foram apresentados doze trabalhos, das diferentes áreas do projeto, de acordo com a listagem abaixo.

1. Adriano Nobre Arcos. **Variação temporal e sazonal da precipitação na região Metropolitana de Manaus – Amazonas.**
2. Alderlene Pimentel de Brito. **Aspectos hidrológicos da Bacia Hidrográfica do Educandos**
3. Ana Rosa Tundis Vital Trigo. **Hidrologia: Desafios e Conquistas.**
4. Anderson da Silva Lages. **Geoquímica de metais pesados na Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE.**
5. Angélica Chrystina Cruz Matias. **Especiação de coliformes termotolerantes na bacia do Educandos.**

6. Gleice Guerreiro Temoteo. **Avaliação dos impactos antrópicos das cidades na disponibilidade hídrica regional.**
7. Jamile Dehaini. **Resultados da Tomografia Geoelétrica aplicada ao Monitoramento de Recarga Artificial no Projeto IETÉ.**
8. João da Silva Carvalho. **Situação de semiconfinamento no Aquífero Alter do Chão na Reserva Florestal Adolfo Duque, em Manaus.**
9. Luis Antônio Candido. **Síntese de Resultados da Rede Meteorológica IETÉ.**
10. Ana Lúcia Machado. **Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos.**
11. Ranyelli Cunha de Figueiredo. **Determinação do balanço hídrico local, a partir da Integração do monitoramento e processamento de dados e modelagem.**
12. Sávio José Filgueiras Ferreira. **Composição isotópica de águas na Bacia do Hidrográfica do Educandos.**

3.2 Divulgação de Resultados Técnico-Científicos

Encontros de Ciência e Tecnologia

FESPIM 2019

Participação do Projeto IETÉ no stand do INPA e da SAMSUNG na Feira de Sustentabilidade do Polo Industrial de Manaus – FESPIM, realizada nos dias 27, 28 e 29 de novembro no Studio 5, Centro de Convenções (Figura 129).

Figura 129: Participação da equipe do Projeto IETÉ na Feira de Sustentabilidade do Polo Industrial de Manaus – FESPIM nos dias 27 a 29 de novembro de 2019.

I Encontro Empreendedorismo e Inovação da Amazônia (CBA) – 2020

O Projeto IETÉ participou do I Encontro de Empreendedorismo e Inovação da Amazônia (Figura 130), que aconteceu nos dias 2 e 3 de dezembro de 2020. Realização: Centro de Biotecnologia da Amazônia (CBA), SUFRAMA e Polo Digital de Manaus. A participação teve como objetivo a divulgação das atividades realizadas, a disseminação do conhecimento e a visibilidade do projeto diante dos órgãos presentes e da sociedade.

Figura 130: Estande do Projeto IETÉ no I Encontro de Empreendedorismo e Inovação da Amazônia.

Eventos Científicos

Boa parte dos congressos realizados foram de forma virtual, de acordo com protocolos de segurança para os participantes, em decorrência da pandemia do vírus COVID-19. Abaixo, a relação dos participantes (bolsistas do Projeto IETÉ) e títulos de seu trabalhos, com nome e data do evento:

Anderson da Silva Lages; Sebastião Átila Fonseca Miranda; Sérgio Roberto Bulcão Bringel; Sâmia Dourado de Albuquerque; Aretusa Cetauro de Abreu; Walter Jorge do Nascimento 2020. *Metais pesados como marcadores ambientais a partir do "teste de t" para águas naturais e sob influência antrópica no município de Manaus – AM.* In: **IV Workshop de Química Inorgânica da UFAM. 10 a 13 de novembro de 2020. Amazonas – AM.**

Anderson da Silva Lages; Sebastião Átila Fonseca Miranda; Sâmia Dourado de Albuquerque; Aretusa Cetauro de Abreu; Sérgio Roberto Bulcão Bringel. Índice de Qualidade de Água (IQA) aplicado às Águas naturais da cidade de Manaus – AM. In: **CONDEQUI – Congresso Nacional de Química. 29/03 a 01/04/21. Evento online.**

Anderson da Silva Lages, Sebastião Átila Fonseca Miranda, Samia Dourado Albuquerque, Aretusa Cetauro de Abreu, Sérgio Roberto Bulcão Bringel. Parâmetros Físicos (Temperatura, Condutividade Elétrica e Turbidez) na avaliação de Corpos de Água impactados na área urbana da cidade de Manaus, AM. In: **Congresso Nacional de Física. 29 a 31 de março de 2021. Evento online.**

Alderlene Pimentel de Brito; Keven Nascimento Katão, Josué da Silva Costa, Sávio José Filgueiras Ferreira, Márcio Luiz da Silva. Evaluation of groundwater table monitoring in an artificial lake in Central Amazonia. In: **47 IAH Congress – 47 International Association of Hydrogeologists Congress. 22 a 27/08/21. Evento online.**

Alderlene Pimentel de Brito; Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Javier Tomasella. Potential effects of climate change and anthropic actions in Alter do Chão aquifer in central Amazonia Manaus and adjacencies. In: **47 IAH Congress – 47 International Association of Hydrogeologists Congress. 22 a 27/08/21. Evento online.**

Alderlene Pimentel de Brito; Carlos Castro Vieira Quaresma, Josué da Silva Costa, Jamille Dehaini, Márcio Luiz da Silva, Sávio José Filgueiras Ferreira. Hydrochemical study of groundwater around the Amazon Lake INPA Manaus – AM. In: **47 IAH Congress – 47 International Association of Hydrogeologists Congress. 22 a 27/08/21. Evento online.**

Jamile Dehaini; Josué da Silva Costa; Enéas Bonora dos Santos; Marcio Luiz da Silva; Carlos Castro Vieira Quaresma, Sávio José Filgueiras Ferreira, Alderlene Pimentel de Brito. Potentiometric map based on integrated piezometer data with geophysical results. In: **47 IAH Congress – 47 International Association of Hydrogeologists Congress. 22 a 27/08/21. Evento online.**

Maria Juliana de Melo Monte; Denisi Holanda Hall; Joice de Jesus Machado; Carla de Souza Farias; Regison da Costa de Oliveira; Gleice Guerreiro Temoteo; Luiz Antonio Candido. Avaliação da precipitação interna em um fragmento florestal na área urbana de Manaus. In: **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hidrícos. 21 a 26/11/21. Evento online.**

Keully Melo de Souza; Maria Juliana de Melo Monte; Denisi Holanda Hall; Joice de Jesus Machado; Carla de Souza Farias; Regison da Costa de Oliveira; Gleice Guerreiro Temoteo; Luiz Antonio Candido. Análise da precipitação interna na Reserva Florestal Adolpho Ducke – Manaus. In: **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hidrícos. 21 a 26/11/21. Evento online.**

Elaine P. de Freitas; Sébastien Pinel; Maria Terezinha F. Monteiro; Sávio J. F. Ferreira; Eduardo A. Rios Villamizar; Claudenilson N. de Almeida; Regison de C. Oliveira; Alexandre S. Bastos; Anthony Lopes; Hella Van Asperen. Fluxo de CO2 via fluvial em uma microbacia de floresta Natural na Amazônia central. In: **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 21 a 26/11/21. Evento online.**

Alderlene Pimentel de Brito; Sávio José Filgueiras Ferreira, Carlos Castro Vieira Quaresma; Josué da Silva Costa; Maria Terezinha F. Monteiro; Pedro Luis Sosa Gonzalez; Márcio Luiz da Silva. Estudo hidroquímico comparativo da água subterrânea entre área de floresta primária e área urbana na região de Manaus. In: **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hídricos. 21 a 26/11/21. Anais. Evento online. ISSN 2318-0358.**

Maria Juliana de Melo Monte; Denisi Holanda Hall; Joice de Jesus Machado; Carla de Souza Farias; Regison da Costa de Oliveira; Gleice Guerreiro Temoteo; Luiz Antonio Candido. Avaliação da precipitação interna em um fragmento florestal na área urbana de Manaus. In: **XXIV Simpósio Brasileiro de Recursos Hidrícos. 21 a 26/11/21. Evento online.**

Gleice Guerreiro Temoteo; Regison da Costa de Oliveira; Carla de Souza Farias; Denisi Holanda Hall; Luiz Antonio Candido. Inovação na determinação da disponibilidade hídrica: Integração de rede de dados meteorológicos e modelos climáticos. In: **XXI Congresso Brasileiro de Meteorologia – CBMET, 16/11 a 19/11/21. Campina Grande – Paraíba** (Figura 131).

Adriana Castro da Conceição, Márcio Luiz da Silva, Jamile Dehaini, Josué da Silva Costa. Utilização de índice de vegetação por diferença normalizada como forma de monitoramento da cobertura vegetal na Bacia do Educandos, Manaus-AM. In: **CBMET – Congresso Brasileiro de Meteorologia. 16/11 a 19/11/21. Campina Grande – Paraíba** (Figura 131).

Figura 131: Participação, presencial, das bolsistas Adriana C. da Conceição e Gleice G. Temoteo, no XXI Congresso Brasileiro de Meteorologia, em Campina Grande/PB. Período de 16 a 19/11/21. Foto: Adriana C. da Conceição.

XXII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas (CABAS) – ano 2022

Evento realizado em São Paulo/SP (Figura 132), com apresentação dos trabalhos intitulados:

Correlação entre precipitação e nível de água subterrânea em uma área do Polo Industrial de Manaus.

Dados de eletrorresistividade e piezômetros para estudo de impactos entre estação de tratamento de efluentes e lago do Bosque da Ciência – Manaus/AM.

Variação do nível da água subterrânea em poços de monitoramento na Bacia Hidrográfica do Educandos, Manaus, Amazonas.

Figura 132: Registro da participação dos bolsistas no XXII Congresso Brasileiro de Águas Subterrâneas em S. Paulo.

17º Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental – ano 2022

Evento realizado em Belo Horizonte/MG (Figura 133), com apresentação dos trabalhos intitulados:

a) Variação temporal dos parâmetros físico-químicos da precipitação total e interna em área florestal e urbana na região metropolitana de Manaus, Amazonas.

b) Recarga aquífera em diferentes níveis topográficos na região de Manaus.

c) Precipitação Interna em Floresta Natural, Manaus-AM.

d) Proposição de um IQA para águas amazônicas usando estatística multivariada.

e) Razões iônicas como marcadores de interações entre água superficial e aquífero no Igarapé do Quarenta, em Manaus-AM.

f) Bactérias consumidoras de Fosfato em uma Bacia Hidrográfica urbana no centro da Amazônia.

g) Correlação linear entre fosfato e potássio em igarapés da Bacia Hidrográfica do Educandos, Manaus – AM.

Figura 133: Participação dos bolsistas no XVII Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental, com apresentação dos trabalhos.

Congresso Brasileiro de Química – ano 2022

Evento realizado no Rio de Janeiro (Figura 134), com apresentação dos trabalhos intitulados:

a) Monitoramento da qualidade da água da precipitação na área urbana de Manaus, Amazonas.

b) Sódio e potássio como marcadores ambientais na classificação de águas de chuva em uma bacia hidrográfica urbana na cidade de Manaus – AM.

c) Caracterização física de argilominerais para possível uso como adsorvente em um sistema de recarga artificial em um aquífero na região amazônica.

d) Composição química das águas de um sistema de recarga artificial no aquífero Alter do Chão, em Manaus-AM.

Figura 134: Participação de bolsistas no Congresso Brasileiro de Química, com apresentação dos trabalhos.

Artigos em Revistas Científicas

1. Brito, A.P. de; Silva, N.C.; Tomasella, J.; Ferreira, S.J.F.; Monteiro, M. T. F. 2022. **Análise do índice de Anomalia de Chuva e Tendência de Precipitação para Estações Pluviométricas na Amazônia Central.** Revista Brasileira de Meteorologia, v. 37, p. 2. 2021.

Importantes consequências da alteração climática são as ocorrências de secas ou do aumento na intensidade das chuvas em várias regiões do globo terrestre. Para a Amazônia o cenário de severidade de secas pode se agravar. Neste sentido, o objetivo deste trabalho é analisar a anomalia de chuva e a tendência de precipitação para o período de 1994 a 2017 em sete estações pluviométricas localizadas na Amazônia Central e relacioná-los aos eventos interanuais/interdecadais. Para tal, utilizou-se o Índice de Anomalia de Chuva (IAC) e o teste não paramétrico de Mann-Kendall. Os resultados sugerem que somente El Niños extremos, tais como os de 1997 e 2015, apresentaram redução na precipitação em todas as estações, enquanto o La Niña de 1999 foi o que apresentou os

maiores aumentos, a partir dos IACs. Com relação ao teste de tendências de Mann – Kendall, somente na estação C apresentou uma tendência de aumento na precipitação, evidenciando a necessidade de maiores séries temporais de precipitação para análises mais concisas.

2. Lages, A.S; Bringel, S.B.; Dourado, S; Oliveria, D; Cetauro, A; Nascimento, W.J; Miranda, S.A.F. 2021. **Testes de Significância aplicados ao Estudo da Demanda Bioquímica de Oxigênio.** Scientia Amazonia, v. 10, n. 2, C1-C9, 2021, revista on-line: http://www.scientia-amazonia.org ISSN:2238.1910

A Análise de DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio, é uma das mais importantes análises a serem executadas em efluentes domésticos e industriais. Nela, se pode avaliar o nível de degradação da matéria orgânica naquele meio. Como grande parte dos corpos de água urbanos do Brasil se encontram em elevado nível de degradação, a análise da DBO pode explicar muito sobre o grau de influência antrópica nesses ambientes. Os resultados demonstraram que a as diluições de 25x e de 20x foram as mais precisas, e, que, a quantidade de solvente nessas diluições modifica a disposição de oxigênio consumido no meio.

3. Lages, A.S; Miranda, S.A.F; Dourado, S; Oliveria, D; Cetauro, A; Nascimento, W.J; Bringel, S.B. 2021. **Quimiometria aplicada ao estudo do igarapé do Quarenta no polo industrial de Manaus. Revista Novos Cadernos NAEA, periódicos UFPA.** Revista Ibero-americana de Ciências Ambientais, v. 12, p. 328-338, 2022. https://doi.org/10.6008/CBPC2179-6858.2021.010.0027.

O igarapé do Quarenta é um importante corpo de água que cruza a cidade de Manaus, no Amazonas. Durante muito tempo, esse corpo hídrico representou fontes de lazer e de paisagismo para a região. No entanto, hoje representa uma lixeira a céu aberto no meio da cidade de Manaus. O objetivo do trabalho foi avaliar variáveis ambientais das águas do igarapé do Quarenta usando a quimiometria, a partir da HCA e da PCA em cinco pontos do igarapé do Quarenta. Como resultados encontramos altos teores de amônio, muito acima do permitido e com altas taxas dos metais Fe e Mn.

4. Lages; A. Silva; Miranda; S.Á.F.; Albuquerque; S.; Cetauro; A., Bringel; S.R.B., Ferreira, S.J.F.; Silva, M.L. da. 2022. **Parâmetros físicos (temperatura, condutividade elétrica e turbidez) na avaliação de corpos de água impactados na área urbana da cidade de Manaus, AM**. Brazilian Journal of Development, Curitiba, v. 8, n. 11, p. 71776-71785. DOI: 10.34117/bjdv8n11-069.

A Física é uma área de grande alcance na sociedade moderna, contudo, há pouca aplicação em diagnósticos ambientais usando somente variáveis físicas. Diante desse disso, o presente estudo teve por objetivo avaliar três variáveis físicas (temperatura, condutividade elétrica e turbidez) em uma bacia hidrográfica urbana localizada no centro do polo industrial de Manaus – A Bacia Hidrográfica do Educandos – BHE. Foram selecionados nove pontos na BHE e as amostras de águas foram coletadas na superfície dos corpos de águas em frascos de polietileno. As amostras foram conduzidas ao laboratório de Química Ambiental do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. A temperatura da água foi determinada no campo com um termômetro de mercúrio. Condutividade elétrica e turbidez foram analisados por métodos eletroquímicos, com instrumentos de bancada. Os resultados mostraram valores de temperatura acima de 30° C o que sugere falta de arborização nas margens dos corpos de água, valores estes mais elevados que há duas décadas. A condutividade elétrica apresentou valores acima de 400 µS cm-1 o que denota a grande quantidade de eletrólitos lançados nesses ambientes, caracterizados naturalmente como pouco condutivos, e a turbidez elevada sugere solos revolvidos nas margens. A única exceção foi o ponto P1, que ainda guarda as condições físicas naturais desta bacia hidrográfica.

5. Matias, A.C.C., Lages, A.S., Ferreira, P.R.G., Albuquerque, S.D. Abreu, A.C. de, Miranda, S.Á.F.; Ferreira, S.J.F.; Silva, M.L. 2023. **Bactérias consumidoras de fosfato em uma bacia hidrográfica urbana no centro da Amazônia.** Brazilian Journal of Development, v. 9, n. 1, p. 5077-5092. DOI: 10.34117/bjdv9n1-347

As preocupações mais difundidas com relação à contaminação por dejetos humanos e animais são causadas por patógenos relacionados a doenças transmitidas pela água e concentrações excessivas de nitrogênio e fósforo que provocam o fenômeno da eutrofização. Dessa forma, esse estudo teve por objetivo avaliar a interação entre a bactéria *E. Coli* com os teores de fosfato em uma bacia hidrográfica urbana em Manaus. Foram realizadas 14 coletas quinzenais entre os meses de setembro de 2021 e março de 2022. As amostras de água para análise de *E. coli* foram coletadas próximos da superfície em frascos de vidro de 100 mL, enquanto para as análises de fosfato, as amostras foram coletadas em frascos de polietileno e acondicionadas até as análises por Colilert e espectrofotometria, respectivamente. Os resultados mostraram que as águas naturalmente ácidas de Manaus apresentaram valores de pH básicos em muitos locais (até 7,20) e que existe uma tendência linear entre fosfato e

E. coli. Esse microrganismo prevaleceu em ambientes menos ácidos. Em valores de pH próximos a 7,0 a concentração de fosfato praticamente não muda, como se esse íon estivesse associado a algum tampão no meio (a partir de 0,04 mg L-1). A E. coli predominou em todos os pontos cujas concentrações de fosfato foram acima de 0,04 mg L-1, obedecendo uma tendência logarítmica típica para crescimento de microbiano. Ao contrário do que se esperava, não houve diluição em direção às fozes desta bacia hidrográfica, nem para fosfato e nem para a *E. coli.*

6. Dehaini, J.; Costa, J.S.; Silva, M.L.; Brito, A.P.; Ferreira, S.J.F. 2022. **Potentiometric map based on integrated piezometer data with geophysical results, Manaus-AM**. Brazilian Journal of Development, v. 8, p. 32242-32252. DOI: 10.34117/bjdv8n4-622

The research carried out consisted of a field survey upstream of the Lago Amazônico area and close to the Ecological Effluent Treatment Station (ETEE) of the National Institute for Research in the Amazon – INPA. The objective of the study was to detect possible impacts on the quality of groundwater due to the ETEE and the waters of Lago do Bosque da Ciência, which requires knowledge of the direction of groundwater flow at the site. The geophysical resistivity method, through the technique of vertical electrical sounding with the Schlumberger arrangement, was applied with the purpose of defining the depth of the top of the saturated zone in the study area as well as detecting possible impacts of the effluents of the treatment plant in subsurface. The resistivity method, through measurements by equipment placed on the surface, determines the electrical resistivity of the materials and their subsurface contrasts at different depths. In the area, three piezometers were installed, which enabled the calibration of the interpretation of the results of vertical electrical sounding. The survey of geophysical data provided a volume of information about the subsurface situation of the layout, lithological content and the depth of the water level of the subsurface layers through the seven vertical electrical surveys carried out around the INPA Lake and close to the ETEE. The results of the interpretation of the vertical electrical sounding and water level depth measurements in the piezometers were integrated to produce a potentiometric map to understand the hydrogeological behavior from the point of view of underground flow. The electrical resistivity values, relatively high in the study area, attribute a predominantly sandy lithological constitution, a result that is consolidated with the lithological description of the piezometers. The top of the saturated layer around the lake is deeper compared

to the lake, causing its waters to seep into the aquifer. This is because the lake is artificial, constantly receiving water to maintain its level. The potentiometric map indicates a practically radial flow direction, with a slight inclination towards the north. The electrical surveys carried out near the treatment plant showed lower resistivity values, which may be related to the influence of effluents in the subsurface. The study was carried out with resources provided for in Law No. 8,387 and in accordance with Article 21 of Decree 10,521 / 2020 – INPA / SAMSUNG Partnership.

7. Lages, A.S.; Miranda, S.Á.F.; Ferreira, S.J.F. ; Albuquerque, S.D.; Abreu, A.C. ; Lopes, A.; Silva, M.L. 2022. **Dynamics of Heavy Metals in the Waters of Igarape do Quarenta:** The Water Body that Crosses the Industrial Hub in the Brazilian Amazon. Open Science Journal, v. 7, p. 1-13.

Este estudo teve como objetivo caracterizar um importante corpo de água que atravessa o polo industrial de Manaus – Igarapé do Quarenta, no Amazonas, e avaliar possíveis fontes de metais pesados nessas águas. Sabe-se que a influência antropogênica e industrial é muito intensa nessas águas, o que aumenta significativamente os níveis de metais pesados. Os resultados mostraram que as águas do igarapé do Quarenta estão próximas da neutralidade (pH de 6,87 a 7,03), o que contradiz os valores ácidos característicos da região. Os valores de condutividade elétrica excederam 300 µS cm1, o que coloca a carga eletrolítica dessas águas quase 20 vezes maior que os valores naturais. Dentre os metais pesados estudados, os maiores teores foram para Fe e Mn, cujas concentrações foram superiores às estabelecidas pela legislação. Ao longo do igarapé do Quarenta podem ser vistos sumidouros de metais pesados, provavelmente devido ao fenômeno de diluição ou precipitação desses materiais. O PLI demonstrou que há uma grande carga poluente de Pb, Cd, e Mn. O estudo HCA mostrou associações entre Mn – Fe, – Cd, Ni -Pb e Cr – Zn, que refletem processos biogeoquímicos sendo alterados por fatores antropogênicos. Finalmente, a ACP informa que o pH e a condutividade elétrica influenciam inversamente as concentrações de Zn e Cd e que o Ni é o metal mais representativo no conjunto de dados.

8. Ferreira, P.R.G, Matias, A.C.C, Albuquerque, S.D, Abreu, A.C, Lages, A.S, Miranda, S.A.F, Ferreira, S.J.F, Silva, M.L. 2023. **Correlação linear entre fosfato e potássio em igarapés da Bacia Hidrográfica do Educandos, Manaus-AM.** Revista Contemporânea.

Fósforo (P) e potássio (K) são macronutrientes essenciais às plantas e aos animais. Em ambientes aquáticos contaminados por esgotos domésticos e industriais, esses nutrientes podem causar sérios problemas. O fosfato ($P\text{-}PO_4^{3-}$), na forma solúvel, representa uma fonte interna de fósforo para o crescimento de algas, e a ingestão de água com excesso de K pode provocar graves efeitos laxantes. Dessa forma, o presente trabalho tem como objetivo avaliar correlação linear entre esses dois parâmetros usando o método de correlação de Pearson (R) em amostras de água coletadas na Bacia Hidrográfica do Educandos (Manaus-AM). Em estudos de monitoramento, esse conhecimento se faz importante para estabelecer as principais variáveis que influenciam nos níveis de contaminação dos igarapés na Bacia Hidrográfica do Educandos.

Capítulo de Livro Publicado

Lages, A.S.; Miranda, S.A.F.; Albuquerque, S.D.; Abreu, A.C.; Ferreira, S.J.F.; Silva, M.L. **Metais Pesados como Marcadores Ambientais a Partir do Teste de T para Águas Naturais e Sob Influência Antrópica no Município de Manaus – AM.** In: Danyelle Andrade Mota; Clécio Danilo Dias da Silva; Lays Carvalho de Almeida; et al., (Org.). Meio ambiente: princípios ambientais, preservação e sustentabilidade 3. 1ed.Ponta Grossa – PR: Atena, 2022, v. 3, p. 196-203. DOI: 10.22533/at.ed.318222903.

Com o avanço das atividades industriais, muitos centros urbanos pelo mundo buscam criar indicadores que designem sinais de naturalidade, em todos os aspectos das questões ambientais. No estudo da Química de águas não é diferente. A Amazônia sofre com o severo processo de urbanização nos grandes centros e muitos corpos de água se ressentem dessa imensa pressão poluidora. Os metais pesados apresentam normalmente baixas concentrações em corpos de água superficiais. Quando isso não se verifica, é sinal de contaminação por atividades antrópicas, e, muito raramente, contaminações por fontes naturais. Desse modo, esse estudo pretende verificar marcadores ambientais a partir dos metais pesados, em um importante corpo de água de Manaus chamado igarapé do Quarenta, e outro, em um corpo de água isolado, ainda preservado, dentro de uma Reserva Florestal chamada Sauim Castanheira. Para isso, foi utilizado o teste de t que versa pela comparação de médias amostrais. Os resultados mostraram que Mn, Cu, Ni e Fe são semelhantes, dentro de um intervalo de confiança de 95%, nos dois corpos de água e que Cr, Pb, Cd e Zn são diferentes dentro desse mesmo intervalo. Portanto, pode-se afirmar que Mn, Cu, Ni e Fe podem servir de marcadores ambientais de naturalidade

nos corpos de água na região de Manaus. Contudo, fatores como diluição e vazão podem ter influenciado esses resultados. O pH e a condutividade elétrica se revelaram melhores indicadores de naturalidade para essas águas.

Miranda, I.P. de A.; Barbosa, E.M.; Conceição, A.C.; Lima, E. B.; Monteiro, M.T. F.; Silva, M. L. 2021. **Mapeamento da Cobertura Vegetal e Geoprocessamento como Categoria de Análise de Nascentes na Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus (AM)**. Estudos sobre Sensoriamento Remoto, Cartografia e Geoprocessamento. v. I, p. 06-30. DOI: 10.36229/978-65-5866-087-3.

Neste trabalho foi apresentado o diagnóstico ambiental de duas nascentes na Bacia Hidrográfica do Educandos em Manaus (AM), sendo uma no Campus Zona Leste (IFAM-CMZL), nas coordenadas $3^0$05'05.93" S e $59^0$56'10.78" O (1148.92 m^2), e outra no IFAM-CMDI, no Distrito Industrial (Campus Zona Sul), nas coordenadas $3^0$08'08.87" S e $59^0$58'40.32"0 (369,566 m^2). O presente estudo visa um diagnóstico ambiental integrado de nascentes, por meio do mapeamento da composição florística e geoprocessamento da Bacia Hidrográfica do Igarapé do Educandos em Manaus (AM) no período de agosto a dezembro/2019. Com relação a cobertura do solo, o trabalho foi desenvolvido em 2 etapas: a primeira foi realizada a partir da aquisição dos dados da plataforma MapBioma, para os anos de 1985 a 2018, com intervalos a cada 5 anos e a segunda envolveu a aquisição e preparação das imagens de satélites do ano de 2019 no programa QGis para a determinação do NDVI (Índice de Vegetação da Diferença Normalizada). Com relação aos resultados observou-se que em 1985 nas nascentes do IFAM-CMZL e IFAM-CMDI, a formação florestal representava cerca de 62% e 63% respectivamente, para toda a cobertura e uso do solo das áreas em estudo. A partir do ano de 2018 a formação florestal representava cerca de 49% na área do IFAM-CMDI e 73% na área do IFAM-CMZL. Observou-se ganho de vegetação em cerca de 11% e diminuição da pastagem a partir do ano de 2000 no IFAM-CMZL, por regeneração da vegetação, enquanto na área do IFAM-CMDI uma diminuição para 49% da formação florestal no período de 1985 a 2018, representando uma perda de 14% de área florestada, por incremento do aumento da infraestrutura urbana e densidade demográfica no referido período.

Lançamento do primeiro livro IETÉ

Ao final da cerimônia de inauguração do prédio do Laboratório de Química Ambiental, o Dr. Márcio Luiz da Silva realizou o lançamento do

primeiro livro impresso IETÉ (Figura 135) e do e-book. Este último, está disponível no repositório da Biblioteca do INPA no seguinte endereço: https://repositorio.inpa.gov.br/bitstream/1/38199/3/iete.pdf.

Figura 135: Lançamento do primeiro livro do Projeto IETÉ. Comitê científico com a direção do INPA: Dr. Luiz Candido, Dra. Terezinha Monteiro, Dra. Hillandia Cunha, Dra. Antônia Franco, Dr. Sávio Ferreira, Dra. Ana Rosa, Dr. Márcio Silva, Dr. Joaquim dos Santos e MSc. Erika Schloemp. Fonte: Acervo Projeto IETÉ.

Publicação de Livro

Foi concluído o primeiro livro do Projeto IETÉ, intitulado "Projeto IETÉ: Rede de Monitoramento Ambiental da Baca Hidrográfica do Educandos. Manaus-AM-Brasil. Fase I: Diagnóstico Ambiental", como resultado das atividades desenvolvidas na fase I do projeto (Figura 136).

Referência: Silva, M.L.; Monteiro, M.T.F.; Ferreira, S.J.F.; Candido, L.A.; Schloemp, E.L. 2021. **Projeto IETÉ**: rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos – Manaus – AM. Fase I: diagnóstico ambiental / Organizadores Márcio Luiz da Silva.. [et al.]. – Rio de Janeiro, RJ. 462 p. ISBN 978-65-5943-680-4.

O livro publicado consta de 7 temas elaborados pelos bolsistas e pesquisadores das diferentes áreas que compõe o projeto, com publicações de diversos artigos divididos entre os temas, que serão explicitados a seguir.

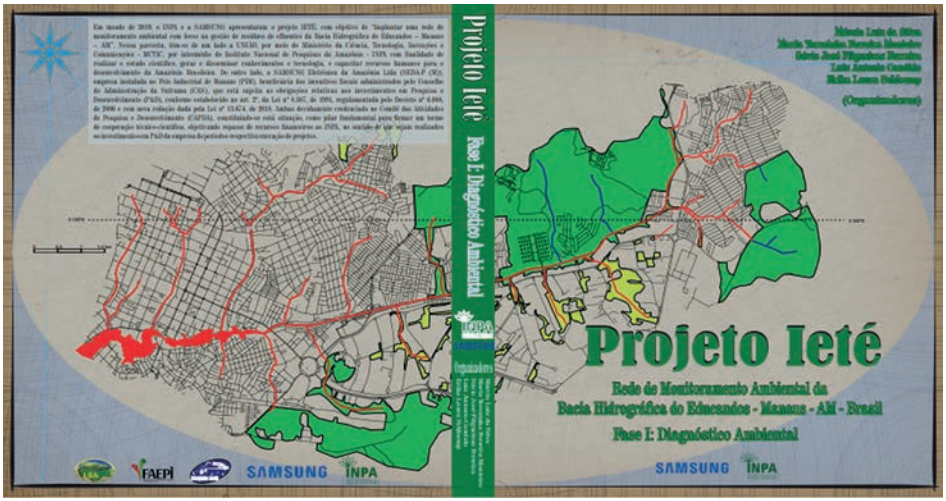


Figura 136: Capa do primeiro livro do Projeto IETÉ.

Tema: Meteorologia

URBANIZAÇÃO E IMPACTO NO CLIMA DA CIDADE DE MANAUS: PASSADO, PRESENTE E FUTURO. Autores: Luiz Antonio Candido, Gleice Guerreiro Temoteo, Denisi Holanda Hall, Joice de Jesus Machado, Carla de Souza Farias, Maria Juliana de Melo Monte, Poliana Miranda Mamud, Jackeline Picanço Gonçalves, Regison da Costa de Oliveira.

Tema: Mapeamento Vegetal

MAPEAMENTO DA COBERTURA VEGETAL COMO CATEGORIA DE ANÁLISE DE NASCENTES DA BACIA DO EDUCANDOS. Autores: Ires Paula de Andrade Miranda, Edelcilio Marques Barbosa, Adriana Castro Conceição.

INVENTÁRIO FLORÍSTICO DOS COMPONENTES DA VEGETAÇÃO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS, MANAUS, AM, BRASIL. Autores: Edelcilio Marques Barbosa, Ires Paula de Andrade Miranda, Adriana Castro Conceição.

GEOPROCESSAMENTO COMO FERRAMENTA PARA SUBSIDIAR A MUDANÇA DO SOLO DE DUAS NASCENTES DA BACIA DO EDUCANDOS – MANAUS – AM. Autores: Adriana Castro Conceição, Ires Paula de Andrade Miranda, Edelcilio Marques Barbosa.

Tema: Hidrologia

PRECIPITAÇÃO TOTAL E INTERNA EM FRAGMENTO FLORESTAL E ÁREA DE FLORESTA PRIMÁRIA NO MUNICÍPIO DE MANAUS-AM. Autores: Ana Rosa Tundis Vital, Sávio José Filgueiras Ferreira, Elaine Pires de Freitas, Márcio Luiz da Silva, Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Claudenilson Nogueira de Almeida, Thomé de Aquino do Nascimento, Marques Souza dos Santos.

HIDROLOGIA SUPERFICIAL EM ÁREA DE FLORESTA PRIMÁRIA E EM ÁREA URBANA NO MUNICÍPIO DE MANAUS. Autores: Sávio José Filgueiras Ferreira, Alderlene Pimentel de Brito, Ana Rosa Tundis Vital, Elaine Pires de Freitas, Márcio Luiz da Silva, Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Claudenilson Nogueira de Almeida, Thomé de Aquino do Nascimento.

Tema: Hidroquímica

AS ÁGUAS SUPERFICIAIS DA CIDADE DE MANAUS-AM. Autor: Sérgio Roberto Bulcão Bringel.

IGARAPÉ DO QUARENTA: UMA REVISÃO QUÍMICA E HISTÓRICA DO CORPO DE ÁGUA QUE CRUZA O POLO INDUSTRIAL DA AMAZÔNIA BRASILEIRA. Autores: Anderson da Silva Lages, Deborah Oliveira Rodrigues, Aretusa Cetauro de Abreu, Sâmia Dourado do Nascimento, Sérgio Roberto Bulcão Bringel, Walter Jorge do Nascimento Filho, Luis Vilmar Souza da Silva, Sebastião Átila Fonseca Miranda.

CONCENTRAÇÕES DE CARBONO ORGÂNICO DISSOLVIDO NOS IGARAPÉS NA REGIÃO DA AMAZONIA CENTRAL. Autores: Elaine P. de Freitas, Sávio José Filgueiras Ferreira, Ana Rosa Tundis Vital, Claudenilson Nogueira de Almeida, Thomé de Aquino do Nascimento.

ANÁLISE BACTERIOLÓGICA DA ÁGUA DO RIO NEGRO NA REGIÃO DA FEIRA DA PANAIR: UM ESTUDO DE CASO NA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS, EM MANAUS/AM. Autores: Camila Costa Barros, Francisca Camilo Tomaz, Anderson da Silva Lages

DESPEJOS DE ORIGEM DOMÉSTICA E INDUSTRIAL COMO FONTE DE MATÉRIA ORGÂNICA NOS PRINCIPAIS CORPOS DE ÁGUA E A POLÍTICA DE GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS NO MUNDO. Autores: Sâmia Dourado Albuquerque, Anderson da Silva Lages, Aretusa Cetauro de Abreu, Deborah Oliveira Rodrigues, Sérgio Roberto Bulcão Bringel, Walter Jorge do Nascimento Filho, Luis Vilmar Souza da Silva, Sebastião Átila Fonseca Miranda.

QUÍMICA DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS NA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS – MANAUS – AM. Autores: Ana Belém da Silva Souza, Márcio Luiz da Silva, Josué da Silva Costa, Jamile Dehaini, Rafaela Melo Almeida, Enéas Bonora dos Santos.

POSSÍVEIS CORRELAÇÕES ENTRE CÁLCIO E MAGNÉSIO COM A MATÉRIA ORGÂNICA DE IGARAPÉS URBANOS DA CIDADE DE MANAUS – AM. Autores: Josilene Silva de Lima, Anderson da Silva Lages, Sebastião Átila Fonseca Miranda, Sérgio Roberto Bulcão Bringel.

Tema: Hidrogeologia

GEOFÍSICA APLICADA A ESTUDOS EM SUBSUPERFÍCIE EM MANAUS. Autores: Jamile Dehaini, Josué da Silva Costa, Márcio Luiz da Silva.

HIDROGEOLOGIA E PALEOAMBIENTE – USO SUSTENTÁVEL DAS ÁGUAS SUBTERRÂNEAS. Autores: Josué da Silva Costa, Jamile Dehaini, Márcio Luiz da Silva, Enéas Bonora dos Santos

A ÁGUA SUBTERRÂNEA NO CONTEXTO DAS MUDANÇAS CLIMÁTICAS. Autores: Alderlene Pimentel de Brito, Javier Tomasella e Maria Terezinha Ferreira Monteiro

Tema: Legislação Ambiental

UMA ABORDAGEM DA LEGISLAÇÃO BRASILEIRA DE RECURSOS HÍDRICOS. Autor: Sérgio Roberto Bulcão Bringel

Tema: Sustentabilidade Ambiental

A EXPERIÊNCIA DA SAMSUNG ELETRÔNICA DA AMAZÔNIA EM PROJETOS DE SUSTENTABILIDADE AMBIENTAL. Autores: Pedro Luis Sosa González, Priscila Pauly Ribas, Erickson, Oliveira dos Santos, Cleideane Cunha da Costa

INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA: DESAFIOS DA CIÊNCIA NA AMAZÔNIA OCIDENTAL. Autores: Antonia Maria Ramos Franco Pereira, Hillandia Brandão da Cunha

Publicações relativas aos trabalhos dos bolsistas de Iniciação Científica (PIBIC)

Como resultados dos trabalhos realizados no projeto, foram publicados resumos expandidos dos bolsistas PIBIC/INPA.

Período 2019-2020

Homário Deigleson Bezerra Moura. "Levantamento florístico de áreas alteradas ocorrentes na bacia do Educandos (Igarapé do Quarenta)". Projeto: PAIC – INPA 2019-2020. (Orientador IRES PAULA DE ANDRADE MIRANDA).

Rafaela Melo Almeida. "Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de influência da bacia hidrográfica do Educandos. Manaus/AM." Início: 2019-2020. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Faculdade Metropolitana de Manaus, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas. (Orientador MARCIO LUIZ DA SILVA).

Bruna Emily Oliveira Silva." Análise da variação espacial da temperatura e umidade do ar em diferentes mosaicos urbanos de Manaus." Projeto: PAIC – INPA 2019-2020. (Orientador LUIZ ANTONIO CANDIDO).

Inara da Silva Noriega. "Avaliação de telhados verdes e sua contribuição na mitigação dos efeitos de ilha de calor na cidade de Manaus". Projeto: PAIC – INPA 2019-2020/FAPEAM. (Orientador LUIZ ANTONIO CANDIDO).

Carlos Castro Vieira Quaresma. "Estudo da qualidade da água subterrânea em área de floresta primária e em área urbana". 2019-2020. Iniciação científica. (Orientador SÁVIO JOSÉ FILGUEIRAS FERREIRA)

Keven Nascimento Catão. "Níveis freáticos influenciados pela precipitação e topografia na bacia hidrográfica do igarapé Asu". 2019-2020. Iniciação científica. (Orientador SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).

Sarosh Silva Nascimento. "Estudo da composição química da água de chuva no município de Manaus: área urbana e área de floresta". 2019-2020. Iniciação científica. (Orientador SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).

Jean Paulo de Souza Vieira. "Hidrologia superficial em área de floresta primária e em área urbana no município de Manaus." 2019-2020. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Faculdade Metropolitana de Manaus, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador ANA ROSA TUNDIS VITAL).

Marques Souza dos Santos. "Precipitação total e interna no platô, encosta e baixio em floresta natural – Manaus-AM." 2019-2020. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis) – Faculda-

de Metropolitana de Manaus, Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas. (Orientador ANA ROSA TUNDIS VITAL).

Nadine da Cunha Brito. "Precipitação total e interna em fragmento de área verde na cidade de Manaus-AM. 2019-2020." Iniciação científica (Graduando em Sistema de Informação) – Universidade do Estado do Amazonas, Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico. (Orientador ANA ROSA TUNDIS VITAL).

Luana Stéfanie Paz Frazão. "Precipitação total e interna em fragmentos de área verde na cidade de Manaus/AM." 2019-2020. Iniciação científica. (Orientador MARCIO LUIZ DA SILVA).

Walter Lucas Pimentel de Brito. A influência da precipitação e topografia na variação do nível da água subterrânea em diferentes bacias hidrográficas. Projeto: PAIC – INPA 2019-2020. (Orientador SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).

Em 2021 os pesquisadores do Projeto IETÉ finalizaram as pesquisas de 8 bolsistas de Iniciação Científica, que deram suporte de forma direta às diferentes atividades do projeto. Abaixo, consta a lista de bolsistas com os respectivos títulos de sua pesquisa e o nome do orientador, pesquisador do Projeto IETÉ.

Período 2020-2021

1. Leonara dos Santos Cordeiro – **Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de influência da bacia hidrográfica do Educandos – Manaus / AM**. 2020-2021. (Orientador: MARCIO LUIZ DA SILVA).
2. Sabrina Monteiro Marques – **Resíduos da Amazônia para uso na filtragem de águas contaminadas**. 2020-2021. (Orientador MARCIO LUIZ DA SILVA).
3. Ernani Gonzaga Lopes Junior- **Análise hidrogeológica através do método da eletrorresistividade na cidade de Manaus – AM.** 2020-2021. (Orientador: MARCIO LUIZ DA SILVA).
4. Lukas Stefan Schloemp Macedo." **Avaliação de telhados verdes e sua contribuição na mitigação dos efeitos de ilha de calor na cidade de Manaus**." Projeto: PAIC – INPA 2020-2021/FAPEAM. (Orientador: LUIZ ANTONIO CANDIDO).

5. Bruna Emily Oliveira Silva." **Classificação de zonas climáticas locais na área urbana de Manaus**" Projeto: PAIC – INPA 2020-2021/FAPEAM. (Orientador: LUIZ ANTONIO CANDIDO).
6. Sarosh Silva Nascimento. "**Estudo comparativo da composição química da precipitação em área urbana, periurbana e floresta primária no município de Manaus – AM.** Projeto: PAIC – INPA 2020-2021. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
7. Carlos Castro Vieira Quaresma. "**Estudo comparativo da qualidade da água subterrânea entre área de floresta primária e área urbana, no Aquífero Alter do Chão em Manaus – AM**". Projeto: PAIC – INPA 2020-2021. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
8. Walter Lucas Pimentel de Brito. "**A influência da precipitação e topografia na variação do nível da água subterrânea em diferentes bacias hidrográficas**". Projeto: PAIC – INPA 2020-2021. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).

Em 2022 os pesquisadores do Projeto IETÉ finalizaram as pesquisas de 12 bolsistas de Iniciação Científica, que deram suporte de forma direta às diferentes atividades do projeto. Abaixo, consta a lista de bolsistas com os respectivos títulos de sua pesquisa e o nome do orientador, pesquisador do Projeto IETÉ.

1. Walter Lucas Pimentel de Brito. "**Hidroquímica da água subterrânea em área de floresta primária e em área urbana**". Projeto: PAIC – INPA 2021-2022. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
2. Jean Paulo de Souza Vieira. "**Estudo da Hidroquímica das águas de superfície em área natural e em área urbana no município de Manaus**." 2021-2022. Iniciação científica (Graduando em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis). (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
3. Lueyne Emanuelle dos Santos Silva. Título do trabalho: "**Precipitação total e interna em perfil de floresta natural – ZF2 Manaus-AM**". 2021-2022. (Orientadora: ANA ROSA TUNDIS VITAL TRIGO).
4. Mateus Aguiar Rebelo. "**Precipitação total e interna em fragmentado de área verde na cidade de Manaus – AM**". 2021-2022. (Orientadora: ANA ROSA TUNDIS VITAL TRIGO)
5. Lukas Stefan Schloemp Macedo." **Avaliação de telhados verdes e sua contribuição na mitigação dos efeitos de ilha de calor**

na cidade de Manaus." Projeto: PAIC – INPA 2120-2022/FAPEAM. (Orientador: LUIZ ANTONIO CANDIDO).

6. Bruna Emily Oliveira Silva." **Classificação de zonas climáticas locais na área urbana de Manaus**" Projeto: PAIC – INPA 2120-2022/FAPEAM. (Orientador: LUIZ ANTONIO CANDIDO).
7. Pilar Evanovich Grazziotin. "**Vulnerabilidade das águas subterrâneas na área de influência da bacia hidrográfica do Educandos – Manaus / AM"**. Projeto: PAIC – INPA 2021-2022. (Orientador: MARCIO LUIZ DA SILVA). Bolsa: CNPq.
8. Pedro Henrique de Souza Volpini. "**Estudo da Capacidade de Infiltração em Sistemas de Recarga Artificial de aquíferos na Reserva Ambiental Adolpho Ducke – Manaus – Am**".Projeto: PAIC – INPA 2021-2022. (Orientador: MARCIO LUIZ DA SILVA). Bolsa: CNPq.
9. Jhade Coelho Figueiredo. "**Análise hidrogeológica através do método da eletrorresistividade na cidade de Manaus – AM**". Projeto: PAIC – INPA 2021-2022. (Orientador: MARCIO LUIZ DA SILVA). Bolsa: CNPq.
10. Walter Lucas Pimentel de Brito. "**Estudo da água subterrânea em área de floresta primária e em área urbana**". Projeto: PAIC – INPA 2021-2022. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
11. Caio dos Santos Silva. "Estudo de variáveis físico-químicas e químicas da água de igarapés área de floresta primária e em área urbana no município de Manaus". 2021-2022. (Orientador: SAVIO JOSE FILGUEIRAS FERREIRA).
12. Thiago Bentes Valente. "**Precipitação total e interna em perfil de floresta natural – ZF2 Manaus-AM**". 2021-2022. (Orientadora: ANA ROSA TUNDIS VITAL TRIGO).

Artigos científicos submetidos

1. **Tomografia Geoelétrica (ERT) Aplicada ao Monitoramento de Recarga Artifical de Aquífero Em Área da Formação Alter do Chão – Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus – AM.** Jamile Dehaini, Márcio Luiz da Silva, Josué da Silva Costa, Alderlene Pimentel Brito João da Silva Carvalho Emílio Alberto Amaral Soares.
2. **Avaliação do fluxo vertical de água na interface igarapé – aquífero utilizando Mini Piezometro de Leito (MPL) na área**

Industrial de Manaus-AM na Bacia Hidrográfica do Educandos. Josué da Silva Costa; Flávio Wachholz; Márcio Luiz da Silva; Jamile Dehaini.

3. **Aspectos hidrogeológicos e avaliação do rebaixamento do Aquífero Alter do Chão a partir dos poços tubulares outorgados no Distrito Industrial de Manaus na área da Bacia Hidrográfica do Educandos.** Josué da Silva Costa; Flávio Wachholz; Márcio Luiz da Silva; Jamile Dehaini.
4. **Dinâmica da precipitação total e interna em perfil florestal na Amazônia central.** Ana Rosa Tundis Vital, Adriano Nobre Arcos, Sávio José Filgueiras Ferreira, Anthony Lopes, Márcio Luiz da Silva.
5. **Variação sazonal da precipitação total e interna em fragmento florestal urbano em Manaus, Amazonas**. Adriano Nobre Arcos, Ana Rosa Tundis Vital Trigo, Anthony Lopes, Maria Terezinha Ferreira Monteiro, Sávio José Filgueiras Ferreira, Márcio Luiz da Silva.
6. **Estimativa de fluxo de calor antropogênico em uma cidade na Amazônia central.** Carla de Souza Farias; Joice de Jesus Machado; Denisi Holanda Hall; Maria Juliana de Melo Monte; Amanda Gisele Braga; Luiz Antonio Candido; Vinicius Capistrano.
7. **Impactos dos efeitos antrópicos da extração de água subterrânea no balanço hídrico regional.** Gleice Guerreiro Temoteo, Aline Corrêa de Sousa, Luiz Antonio Candido, Vinicius Buscioli Capistrano e Regison da Costa de Oliveira.
8. **Desenvolvimento e aplicação de plataforma de monitoramento meteorólogico móvel em estudos de escala local: Biciclima.** Joice de Jesus Machado, Luiz Antonio Candido, Ranyelli Figueiredo, Regison Oliveira, Maria Juliana, Denisi Hall, Carla Farias.
9. **Estudo Comparativo do Balanço de energia em área urbana e florestal na Amazônia Central.** Denisi H. Hall, Cléo Q. Dias-Júnior, Luiz A. Candido, Carla S. Farias, Joice J. Machado, Maria J. M. Monte, Leonardo R. Oliveira, Rosária R. Ferreira e Anne C. S. Mendonça.
10. **Proposição de um IQA para Águas Amazônicas usando Estatística Multivariada.** Anderson Lages, Sebastião Átila Miranda, Paulo Renan Ferreira, Aretusa Cetauro, Fábio Mota, Samia Albuquerque, Savio Ferreira, Márcio Luiz da Silva.

11. **Razões Iônicas como Marcadores de Interações entre Água Superficial e Aquífero no Igarapé do Quarenta, em Manaus-AM.** Anderson Lages, Angélica Matias, Sebastião Miranda, Paulo Renan, Aretusa Cetauro, Sávio Ferreira, Márcio Luiz da Silva.
12. **Sódio e Potássio como indicadores de antropização nas Águas Superficiais de uma Bacia Hidrográfica Urbana na Cidade de Manaus – AM.** Fabio Mota, Anderson Lages, Adriana Castro da Conceição, Aretusa Cetauro, Angélica Matias, Savio Ferreira, Márcio Luiz da Silva.
13. **Caracterização da matéria orgânica em um corpo de água que cruza o Polo Industrial da Amazônia Brasileira.** Brendha da Silva, Anderson Lages, Camila Carvalho, Aretusa Cetauro, Samia Albuquerque, Sávio Ferreira, Márcio da Silva.
14. **A importância da mata ciliar e cobertura florestal na caracterização físico-química de uma nascente, em Manaus-AM, Brasil.** Fábio Mota, Anderson Lages, Adriana Castro da Conceição, Emelly Barros, Letícia Martins, Sávio Ferreira, Márcio Luiz da Silva.
15. **Alteração nas condições naturais de um corpo de água amazônico que cruza a reserva florestal Adolpho Ducke, em Manaus, AM.** Sávio José Filgueira Ferreira; Adriana Freitas Rosa; Anderson da Silva Lages; Maria Terezinha Ferreira Monteiro; Márcio Luiz da Silva.

Subprojetos: Parceria IETÉ/INPA

Com recursos oriundos da Constituição de Reserva do Projeto IETÉ, foram elaborados 7 subprojetos destinados a pesquisa e desenvolvimento, objetivando o suporte às atividades do Projeto IETÉ, a saber:

1. **Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos – IFAM CMDI**. Nome do Responsável/Orientador: Luiz Antonio Candido/Ana Lúcia Soares Machado. Nome dos bolsistas PIBIC/IETÉ: Guilherme Junio F. Matos e João Caio Souza Nunes.

   Objetivo geral

   Desenvolver um sistema interativo multitarefas e de interface multiusuários, baseado no uso de dados predefinidos e outros levantados em tempo real, para monitoramento ambiental e

divulgação de informações relativas a uma trilha Ecológica num segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos.

2. **Avaliação de possíveis interações entre aquífero e água superficial nas cercanias de uma nascente da Bacia Hidrográfica do Educandos, na Zona Leste de Manaus – IFAM CMZL**. Nome do Responsável/Orientador: Sávio José Filgueiras Ferreira/Fábio Alexandre Costa Mota. Nome dos bolsistas PIBIC/IETÉ: Letícia Vitória Sousa Martins e Emilly Cristine da Silva Barros.

   Objetivo geral

   O objetivo do projeto é realizar a avaliação de possíveis interações entre águas subterrâneas e superficiais do IFAM CMZL (*campus* Manaus zona leste) no período de 12 meses de modo a contribuir com a rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos vinculado ao Projeto IETÉ.

3. **Construção de sistema de filtragem com argila expandida e a determinação de sua eficiência em sistema de injeção de água tratada em aquífero.** Nome do Responsável/Orientador: Márcio Luiz da Silva. Nome dos bolsistas PIBIC/IETÉ: Sâmia Dourado de Albuquerque.

   Objetivo geral

   Avaliar a potencialidade tecnológica dos argilominerais da região metropolitana de Manaus como elemento filtrante para águas servidas utilizadas na injeção artificial no aquífero local pelo projeto IETÉ.

4. **Avaliação da influência de fatores climáticos, geológicos e geotérmicos sobre o ambiente superficial local – um estudo de caso nas áreas da bacia hidrográfica do Educandos e reserva florestal Adolfo Ducke, Manaus (Am).** Nome do Responsável/Orientador: Márcio Luiz da Silva. Nome dos bolsistas PIBIC/IETÉ: João da Silva Carvalho.

   Objetivo geral

   Avaliar a influência de fatores climáticos, geológicos e geotérmicos sobre o ambiente superficial na Bacia Hidrográfica do Educandos e Reserva Florestal Adolpho Ducke, Manaus (AM), para o melhor conhecimento da estrutura geotermal rasa e contribuir para a elaboração de modelos que possibilitem mitigar ou eliminar os efeitos causados por ações antrópicas.

5. **Determinação dos coeficientes da relação Z-R do Radar Meteorológico de Manaus na área da Bacia Hidrográfica do Educandos.** Nome do Responsável/Orientador: Renato Cruz Sena.

   Objetivo geral

   Determinar da relação Z-R mais adequada ao RM Manaus, permitindo uma precisa dos volumes precipitados na área de amostragem do radar.

6. **Potencial fitorremediador de espécies florestais em solo contaminado por rejeito de mineração.** Nome do Responsável/Orientador: Maria Terezinha Ferreira Monteiro.

   Objetivo geral

   Avaliar o potencial fitorremediador das espécies *Schizolobium amazonicum* Huber ex Ducke e *Parkia multijuga* Benth submetidas a um substrato contaminado por rejeito de mineração.

7. **Instalação de linha de gás para cromatografia gasosa, de sistemas de câmeras de vigilância e de controle de entrada no Laboratório de Química Ambiental.** Nome do Responsável/Orientador: Sávio José Filgueiras Ferreira. Nome do bolsista IETÉ: José Edivaldo Chaves.

   Objetivo geral

   Ampliar as análises químicas com a introdução de técnicas de cromatografia gasosa e instalar sistema de câmeras de vigilância e de acesso ao laboratório

Dois desses subprojetos tiveram a parceria do Instituto Federal do Amazonas, a partir do IFAM CMZL e IFAM CMDI.

Participação em EVENTOS

EXPO AMAZÔNIA 2022: Participação à convite do IFAM (Figura 137). Feira promovida pelo Governo do Estado do Amazonas, Secretaria de Desenvolvimento. Apresentação dos resultados do projeto satélite do IETÉ: Monitoramento da Trilha Ecológica, para fins de Educação Ambiental.

Figura 137: Participação de bolsistas/Pesquisa no Expo Amazônia, em Manaus.

Reunião Extraordinária da Diretoria do INPA

Pauta: Perspectivas do Projeto IETÉ no Plano Estratégico do INPA 2031 (Figura 138)

Data: 26/08/2022.

Local: Auditório da Diretoria, 3º. Andar – Prédio da Diretoria do INPA, Campus I.

Participantes: Dra. Antonia Franco (Diretora do INPA), Dra. Hillandia Cunha (vice diretora do INPA), Dr. Márcio Luiz da Silva (Coordenador do Projeto IETÉ), Dra. Maria Terezinha Monteiro (Gerente Operacional IETÉ), Dr. Sávio Filgueiras Ferreira (pesquisador INPA/IETÉ), Dr. Luiz Antonio Candido (pes-

quisador INPA/IETÉ), Dra. Ana Rosa Vital (pesquisadora INPA/IETÉ), Dr. Jorge Porto (convidado pelo Projeto IETÉ), Dr. Renato Senna (convidado pelo Projeto IETÉ), Dr. Ricardo Dallarosa (COPE/INPA) e Dr. Bruce Nelson (CODAM/INPA).

Representantes SAMSUNG: Sra. Regina Lee (Sênior Professional – Suporte Gerencial – SEDA) e Sr. Marcos Souza (Gerente de Relações Governamentais SEDA).

Equipe IETÉ presente na reunião: Erika Schloemp, Shirley Pinheiro e Ana Rita Teixeira.

Figura 138: Reunião extraordinária da Diretoria do INPA para apresentação das "Perspectivas do Projeto IETÉ no Plano Estratégico do INPA 2030".

Reunião para apresentação do projeto ao Gerente Sênior Solution Development Lab – SAMSUNG SRBR, Sr. José Carlos Camargo Junior, ano 2023

Participantes: Comitê Científico IETÉ, Pedro Sosa (SAMSUNG) e Sr. José Carlos Camargo Junior Gerente Sênior SAMSUNG). Apresentação sobre

o Projeto na sala de reuniões do Prédio IETÉ. Visita ao Prédio IETÉ e seus laboratórios (Figura 139).

Figura 139: Visita do Gerente Senior Solution Development Lab – SAMSUNG SRBR ao prédio IETÉ, em 2023.

Produção Técnica

Neste tópico é apresentada a produção técnica, em forma de boletins mensais e anuais de precipitação da área da Bacia do Cuieiras (ZF2). Ao final de cada ano é elaborado o boletim anual da precipitação da referida área. O boletim é publicado na página do LBA/INPA (http://lba2.inpa.gov.br/hidrologia/) e disponibilizado para estudantes, bolsistas e pesquisadores (Figura 140).

FERREIRA, S.J.F.; MONTEIRO, M.T.F.; CANDIDO, L.A.; MARCIO L.S.; RIOS-VILLAMIZAR, E.A.; ALMEIDA, C.N. **Boletim mensal de monitoramento da precipitação na Estação de Pesquisas do Programa LBA (Microbacia do Igarapé Açu).** Manaus-AM: Editora do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, 2020 (Boletim). ISSN 2595-640X. Disponível em: http://lba2.inpa.gov.br/hidrologia/.

Figura 140: Print da página do Boletim Mensal de monitoramento da precipitação na Estação de Pesquisas do Programa LBA (Microbacia do Igarapé Açu).

Cursos/Treinamentos/Palestras

Explicar melhor quem participou/qual a motivação/qual a razão para participação e impacto no projeto IETÉ

- **Palestra:** "Isótopos Estáveis (H e O) e Conexões no Ciclo Hidrológico" ministrada pelo Prof. Dr. Didier Gastmans, da UNESP de Rio Claro/SP. Local: Auditório do COCAP, Campus 2 – INPA. Carga horária de 2h. 09/05/2022.
- **Palestra:** Apresentação do projeto no Conselho Estadual de Recursos Hídricos

  Duração 1 hora Palestrante: Dr. Márcio da Silva.

  Participantes: Fabrícia Arruda Amazonas (SEMA); Pedro Castro (ARSEPAM); Rubens Bentes (CEMAAM); Jadson Maciel (CBHTA); Fabiene Almeida (CRBio-06); Sérgio Bringel (CRQ14); Charlis Barroso Rocha (Defesa Cicil do Amazonas); Muni Junior (FAEA);Renée Veiga (FIEAM); Rainier Azevedo (FUNASA); Maria

Menezes (FVS); Aldenilne Almeida (GTA); Diogo Freitas (Águas de Manaus); Ivan Marquezini (Petrobras); Marlon Ferreira (SEMMAS); Edmar Magalhães (SEDECTI); Carlos Albuquerque (UEA); Ingo Daniel (UFAM); Sérgio Oliveira (IPAAM)

- **Treinamento DMZ:** ministrado por Lucas Vinícios, duração 1 hora via Plataforma Knox com 13 participantes.
- **Curso de Cromatografia Iônica:** carga horária 32 horas.

  Palestrante: Prof. Dr. Gabriel Cocco.

  Local: Laboratório de Química Ambiental/INPA, com participação de 11 bolsistas.

Objetivo do curso: treinar os participantes em análise cromatográfica usando o sistema isocrático dual da Dionex – análise simultânea de cátions e ânions. O treinamento também consistiu em reconhecer a plataforma de software, preparar soluções e interpretar dados.

Curso d´água à jusante da nascente do IFAM – CMZL, Manaus – AM.

Capítulo 4

Grupos de Pesquisa

4.1 Comitê Científico

Márcio Luiz da Silva – Coordenador Geral e de Hidrogeologia

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (1997), Mestrado em Conservação e Manejo de Recursos pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1999); doutorado em Geociências e Meio Ambiente pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2005) e Pós-Doutorado pela UFC (2011). Atualmente é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, lotado na Coordenação de Dinâmica Ambiental CODAM/INPA, Líder do Grupo de Pesquisa RHANIA – Recursos Hídricos em Ambientes Naturais e Impactados na Amazônia e representante da Região Norte na Comissão Brasileira para Programas Hidrológicos Internacionais – COBRAPHI da Agência Nacional de Águas – ANA. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geologia Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: recursos hídricos subterrâneos e gestão de recursos. Coordenou a revisão do livro do Projeto IETÉ, revisão de artigos científicos, organização de evento; apresentou resultados nas Reuniões Técnicas. Participa como coorientador do subprojeto: construção de sistema de filtragem com argila expandida e a determinação de sua eficiência em sistema de injeção de água tratada em aquífero. Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/2930866853956743

Maria Terezinha Ferreira Monteiro – Gerente Operacional

Gerente Operacional do Projeto IETÉ (2019-2023). Coordenadora do grupo de Pesquisas Hidrológicas-CPH do LBA/INPA (2014-2016). Pos-Doc PNPD/CAPES (2015-2017). Doutora em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia INPA/UEA (2008-2013). Mestre em Ciências de Florestas Tropicais – CFT pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA (2003-2005). Graduação em Engenharia Florestal pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia – UTAM (1999). Tem experiên-

cia na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase nos temas: hidrologia e ciclagem biogeoquímica (Hidrobiogeoquímica). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/6007218890588613

Ana Rosa Tundis Vital Trigo – Coordenadora de Hidrologia

Doutorado em Energia na Agricultura pela Universidade Estadual Paulista (1999-2002). Mestrado em Ciências Florestais pela Escola Superior de Agronomia Luiz de Queiroz (1994-1996). Graduação em Tecnologia Florestal pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia – UTAM (1987). Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase nos temas: hidrologia e ciclagem de nutrientes (hidrogeoquímica). Atualmente é pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e atua no grupo de Hidrologia de uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). reuniões do Comitê Científico IETÉ. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3799095724819524

Luiz Antônio Candido – Coordenador de Meteorologia

Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (1995), mestrado em Meteorologia pela Universidade Federal de Campina Grande (1998) e doutorado em Meteorologia pelo Instituto Nacional de Pesquisas Espaciais (2002). Atualmente é pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: modelagem climática regional e global, processos de interação biosfera-atmosfera e clima urbano. Atualmente é coordenador do programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente (PPG-CLIAMB). Atualmente é responsável pelo Grupo da Meteorologia no Projeto rede de monitoramento da bacia hidrográfica do Educandos, área urbana de Manaus, Amazonas. (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/7705103746743754

Sávio José Filgueiras Ferreira – Coordenador de Química Ambiental

Possui graduação em Licenciatura e Bacharelado em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1985), mestrado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (1993) e doutorado em Ciências da Engenharia Ambiental pela Universidade de São

Paulo (1999). Atualmente é pesquisador titular do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Análise de Traços e Química Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: amazônia central, floresta de terra firme, reserva florestal, Amazônia e hidrologia. Atualmente atua como coordenador responsável do grupo de Química de uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1619469979233878

Íres Paula de Andrade Miranda – Coordenadora de Mapeamento Vegetal

Doutorado em Ciências Biológicas, área Botânica com especialidade em Biopalinologia (Sandwich) Centre National de Recherche Scientifique (CNRS) e INPA realizado no Museum National dHistoire Naturelle de Paris /Institut Pasteur em 1993. Pesquisadora Titular III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, Professora e orientadora do Programa de Pós-graduação da Rede Bionorte/UEA. e Programa de Biotecnologia/ UFAM. Foi coordenadora do Departamento de Botânica do INPA no período (1995/1999), Líder do Grupo de Pesquisas e Laboratório de Estudos em Palmeiras da Amazônia (LABPALM/COBIO/INPA), atua no estudo de inventários, mapeamento de insumos vegetais e cadeias produtivas regionais, além de estudos morfológicos, químicos e bioquímicos do pólen. No Projeto IETÉ coordenou o estudo do mapeamento vegetal de nascentes do Igarapé do Quarenta por meio do inventário florístico e monitoramento do uso da terra. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1016048143175900

4.2 Pesquisadores

Adriana Castro da Conceição – Hidrogeologia

Adriana Castro da Conceição é mestre em Clima e Ambiente, especialização em Gestão Ambiental e graduação em Engenharia Florestal pelo Instituto de Tecnologia da Amazônia (2004). Foi bolsista do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia no período de 2002 a 2014. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Hídrico, atuando principalmente nos seguintes temas: liteira fina, raízes, meio ambiente, emissão de CO2, variação sazonal, hidrologia em bacias, carbono orgânico dissolvido e ciclagem biogeoquímica (Hidrobiogeoquímica). Possui ex-

periência em geoprocessamento de imagens de satélites, produção de mapas, topografia com drone, pilotagem, softwares de programação de voo, de processamento de imagens (fotogrametria), edição e exportação de produtos, aferição de qualidade e precisão, além de trabalhar com os produtos gerados da imagem de drone em outros programas, como o QGIS. Trabalhou como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) como especialista em Dinâmica de Paisagem, onde realizou a interpretação da dinâmica de ocupação humana na paisagem da BHE utilizando ferramentas de SIG em conjunto com o geoprocessamento de dados além de apoiar no trabalho de campo da equipe de hidrogeologia na coleta de informações de níveis de água de piezômetros. Iniciou suas atividades no projeto, em 2019, trabalhando no Grupo de Mapeamento Vegetal onde fez georeferenciamento das espécies levantadas no inventário florístico e avaliação das mudanças de cobertura e uso da terra na Bacia do Educandos. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3998933277394770

Adriano Nobre Arcos – Hidrologia

Doutor em Ecologia e Conservação pela UFMS, Mestre em Biotecnologia e Recursos Naturais pela UEA, Especialista em Saúde Pública e Vigilância Sanitária pela FUNIP e Graduado em Ciências Biológicas pelo UNINORTE. Possui experiência nas áreas de Hidrologia, Limnologia e Entomologia Médica. Atualmente trabalha como Pesquisador/Analista Hidrólogo vinculado aos projetos "Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – IETÉ" e no "LBA FLUX – Rede de Monitoramento do Carbono e Vapor de Água na Amazônia e Pantanal" no INPA, atuando principalmente nos seguintes temas: qualidade de água, precipitação, balneabilidade, caracterização ambiental, malária, mosquitos e conservação. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1808906364554368

Alderlene Pimentel de Brito – Hidrologia

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (2012), graduação em Pedagogia pela Faculdade Salesiana Dom Bosco (2011), mestrado em Geociências pela Universidade Federal do Amazonas (2014) e doutorado em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2020). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Interação Biosfera – Atmosfera, atuando principalmente nos seguintes temas: hidrogeologia, modelagem numérica de fluxo de água subterrânea, impacto antropogênico sobre o recurso hídrico subterrâneo

e no balanço hídrico, e potenciais impactos das mudanças climáticas na recarga aquífera para a região Amazônica. Atualmente trabalha como professora substituta da Universidade do Estado do Amazonas e bolsista na área de hidrologia na rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4896525778141597

Anderson da Silva Lages – Química Ambiental

É pós doutor em Dinâmica Ambiental pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Tem doutorado em Química Analítica pela Universidade Federal do Amazonas – UFAM, onde trabalhou com Quimiometria aplicada às águas subterrâneas da Amazônia Central. É mestre em Geociências, também pela Universidade Federal do Amazonas, na área de Geoquímica do Ambiente Superficial – onde desenvolveu pesquisa aplicada aos rios da bacia do rio Madeira, no Amazonas. Tem especialização em microbiologia, onde trabalhou com modelos epidemiológicos. É químico formado pelo Instituto Federal de Ciência, Educação e Tecnologia do Amazonas – IFAM. Desenvolveu vários projetos de iniciação científica voltados para a temática da Qualidade da Água, sobretudo, nas bacias dos rios Negro e Solimões. Possui experiência na ação docente, tanto na educação básica como na formação universitária, atuando em cursos superiores de exatas e de saúde, como engenharias, farmácia e nutrição. Atuou ainda como revisor de Revistas voltadas para Recursos Hídricos Amazônicos e Ensino de Química. Já orientou muitos trabalhos de conclusão de curso com a temática de Química e Geoquímica Ambiental, Química de Alimentos e Química de Combustíveis. É professor do quadro efetivo da Secretaria de Estado da Educação – SEDUCAM. Foi responsável pelos dados químicos do projeto IETÉ/INPA de uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana de Manaus – AM. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4194591715748371

Anderson Junio da Silva Medeiros – Química Ambiental

Possui graduação em Ciências – Química pelo Centro Universitário do Norte (2018). Atualmente é professor do Centro Positiviano e do Centro de Ensino Nivea Roque. Tem experiência na área de Química, em análises volumétricas com conhecimento aprofundado sobre iodometria, complexometria e titulação de oxirredução. Trabalhou como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/0599019147403697

André Ferreira Aranha – Hidrologia

Possui mestrado em clima e ambiente pelo INPA, especialização em gestão e docência em ensino superior. Atualmente é bolsista no projeto Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos/ Manaus/AM (Projeto IETÉ), onde realiza estudo na área de hidrologia, trabalhando na coleta de dados, modelagem de canais e aplicações em geotecnologia. Tem experiência com programação MATLAB, FORTRAN e PYTHON, conhecimentos em softwares QGIS, AUTOCAD, PIX4D e METASHAPE, bem como experiência em monitoramento e análise em focos de calor, desmatamento, MODELAGEM CLIMÁTICA e MODELAGEM HIDROLÓGICA. Tem cerca de 5 anos de experiências sendo especialista em DRONES e vant´s aplicados à engenharia nas áreas de TOPOGRAFIA, AEROFOTOGRAMETRIA, PROCESSAMENTO DE IMAGENS, GEORREFERENCIAMENTO utilizando GPS geodésico (simples, RTK e RTX) e delimitação de áreas. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/8303566434777043

Angélica Chrystina Cruz Matias – Química Ambiental

Mestranda em Geociências pela Universidade Federal do Amazonas, (2021). Possui graduação em ciências biológicas pela Universidade Nilton Lins (2013) e pós-graduação em Perícia e Segurança Pública pela ESBAM (2016). Experiência na gestão de laboratórios e colaboradores, levantamento de compras de materiais, insumos e manutenções para equipamentos destinados aos espaços de práticas acadêmicas e cadastro no sistema TOTVs. Acompanhamento de atividades nos Laboratórios (aulas, projetos, TCCs), auxílio aos Coordenadores de curso quanto as necessidades das atividades práticas. Preparo de soluções, análises físico-químicas, análise de água, microbiologia básica, cromatografia CCD. Anotação de responsabilidade técnica (ART), orientação e supervisão da execução de serviços de sanitização (controle de pragas, controle biológico de vetores e pragas e desinfecção de ambientes). Atuou como bolsista técnica em análises microbiológicas em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3032858654240521

Anthony Lopes – Hidrologia

Possui graduação em Gestão Ambiental pelo Centro Universitário de Ensino Superior do Amazonas (2013). Tem experiência na área de Bioquímica,

com ênfase em Bioquímica dos Microrganismos e hidrologia no que se refere aos trabalhos de coletas de amostras de água nos igarapés e preparo do material para análise laboratorial. Presta apoio técnico aos grupos de pesquisa no laboratório de química ambiental do INPA. Atualmente trabalha como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/0508967233916966

Brendha Caroline Alves da Silva – Química Ambiental

Especialista em Ensino de Química pelo Instituto Prominas. Possui graduação em Química pelo Centro Universitário do Norte – UNINORTE (2018). É professora do quadro efetivo da Secretaria de Educação e Desporto do Estado do Amazonas – SEDUC-AM. Trabalhou como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) onde exerceu a função de especialista em análises de Matéria Orgânica em corpos de água urbanos, no grupo de Química atuante. Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/8726886503705010

Camila Carvalho Rodrigues de Oliveira – Química Ambiental

Possui graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pela Fundação Centro de Análise Pesquisa e Inovação Tecnológica (2020). Fez projeto de Iniciação Científica no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA (2017-2019), desenvolvendo um coagulante natural através da semente de buriti. Em 2019 atuou como Estagiária Ambiental/Auxiliar Administrativo na empresa MB Consultoria e Projetos Ambientais, desenvolvendo atividades como: Elaboração de Projetos Ambientais; Licenças Ambientais; Dispensas de Outorga; Atividades Administrativas; Auxiliar em Vistorias em campo; Elaboração de Relatórios de Vistorias. Possui experiência na empresa Agro Rio (2020-2021) como Auxiliar Ambiental, onde as principais atividades foram: Auxiliar na área de SGI e Comercial; Auxílio e atualização de PGRS; Acompanhamento, Controle e Atendimento de Licenças Ambientais; Auxílio no Controle de Manifestos de Transportes e Protocolos via SINIR; Atividades Administrativas; Atendimento ao Cliente; Auxílio no SESMT; Desenvolvimento do Programa 5S (Treinamentos e Auditorias). Trabalhou como bolsista técnica em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1702716739039027

Carla de Souza Farias – Meteorologia

Doutoranda em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em ampla parceria com a Universidade do Estado do Amazonas (UEA), mestre em Clima e Ambiente (PPG-CLIAMB) e Meteorologista pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia, modelagem numérica, atuando principalmente em modelagem urbana com ênfase em eventos extremos de chuva utilizando o modelo de mesoescala WRF. Atualmente trabalha como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/8621528218174540

Claudenilson Nogueira de Almeida – Hidrologia

Profissional graduado em Engenharia Ambiental, atua como Hidrotécnico Especialista em recursos Hídricos pela FAEPI, tem experiência em monitoramento Ambiental Hidrológico (coletas de amostras para análise isotópicas, química e hidrológicas em igarapés de Manaus) e calibração de equipamentos voltados para medições hidrológicas. Responsável por atualizar os dados inseridos nos Boletins Hidrológicos da Precipitação Pluviométrica Sobre a Microbacia Experimental do Igarapé Açu / Manaus/ AM. Atuou como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/7990484606657623

Denisi Holanda Hall – Meteorologia

Possui mestrado em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA e Universidade do Estado do Amazonas – UEA (2016-2018) e graduação em Engenharia ambiental pelo Centro Universitário do Norte (2015). Integrante do grupo de pesquisa de Modelagem Meteorológica do Amazonas (MMA/INPA). Tem experiência na área de Geociências e Modelagem Climática com ênfase em Clima urbano. Atualmente é aluna de doutorado do PPG- CLIAMB (INPA/UEA) e atua como Engenheira Ambiental em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ), onde realiza análises de fluxos turbulentos de balanço de energia. Endereço para acessar ao CV: http://lattes.cnpq.br/7424874555033791

Edelcílio Marques Barbosa – Mapeamento Vegetal

Possui graduação em Engenharia Agronômica pela Universidade Federal Rural de Pernambuco (1982), mestrado em Ciências de Florestas Tropicais pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (1988) e doutorado em Ciências Biológicas (Botânica) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (1995). Atualmente é Pesquisador titular III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência na área de Botânica, com ênfase em Fisiologia Vegetal. Atuando principalmente nos seguintes temas: composição florística, ecofisiologia, razão isotópica 13C12C, CO2, Amazônia e reserva Adolpho Ducke. No Projeto IETÉ trabalhou como apoio no campo onde auxiliou na demarcação das parcelas do inventário florístico, identificação botânica e monitoramento vegetal**.**
Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/2166348398355883

Elaine Pires de Freitas – Química Ambiental

Doutoranda em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia INPA/UEA. Com Mestrado em Clima e Ambiente e especialista em Auditoria e Perícia Ambiental. Graduação em Ciências – Química pelo Centro Universitário do Norte.Com mais de oito anos de experiência em pesquisas ambientais, onde compreendeu em: iniciação cientifica e apoio técnico, com atuação principalmente nas áreas: em recursos hídricos, hidrogeoquímica, limnologia, educação ambiental, e analises química de qualidade da água, e possui qualificação para operação de equipamentos de analises de carbono, como: Picarro G2201i (Analisador Isotópico CO2/CH4), (Analisador GEE – Losgato), Licor820A (Analisador de CO2), TOC (Analisador Carbono Orgânico Total) o qual tem curso pela empresa SHIMADZU. Com conhecimento avançado na área de informática, e com desenvolvimento de aplicativos (App Marai) e plataforma Arduino e domínio de inglês no nível intermediário. Trabahou como bolsista Mestre Especialista em análise de qualidade de água em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Análises dos resultados de gases carbônico e metano na água superficial e no ar; com análises das concentrações e das discriminações isotópica C13/C14.
Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/9614101775488403

Eneas Bonora dos Santos – Hidrogeologia

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (2011). Mestrado em geociências cursando. Experiência em empresas de perfuração e construção de poços tubulares e gestão de recursos hídricos. Sua atuação no projeto IETÉ foi a de acompanhar a programação das perfurações de poços e o processo da obtenção da licença junto ao IPAAM. Responsável pelo acompanhamento e, levantamento da legislação estadual sobre recursos hídricos e instalação dos piezômetros no lago do INPA. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4232739891276960

Gleice Guerreiro Temoteo – Meteorologia

Possui graduação em Engenharia Ambiental pelo Centro Universitário do Norte – UNINORTE (2015) em Manaus, Amazonas. Iniciação Científica (PIBIC) e apoio técnico na área da Hidrologia e Meteorologia (INPA). Pós-Graduação em Meio Ambiente e Recursos Hídricos (2017). Mestrado em Clima e Ambiente – INPA/UEA (2019), especialista em processos de superfície terrestre, com ênfase em análise do estoque de água no solo, em área de florestal natural na Bacia Hidrográfica do Cuieiras, na Amazônia Central. Possui experiência com instalação, configuração de sensores, sistemas de aquisição de dados, tratamento e análise de dados meteorológicos na Bacia Hidrográfica do Educandos. Atualmente, trabalha como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ).Atualmente trabalha como bolsista especialista em Clima e Ambiente em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) onde participou da escolha dos locais de instalação de sensores meteorológicos; acompanhou o funcionamento das estações meteorológicas e a transmissão dos dados; realizou análises e discussão de dados, e escrita de resultados e conclusões para relatórios técnicos, artigos científicos, e relatório descritivo e elaboração e participação em Workshop do Projeto IETÉ. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3375606108859346

Jamile Dehaini – Hidrogeologia

Possui graduação em GEOFÍSICA pelo Instituto de Astronomia, Geofísica e Ciências Atmosféricas da USP (1991), mestrado (1995) e doutorado (2001) em Ciências (área de Recursos Minerais e Hidrogeologia) pelo Instituto de Geociências da USP. Atualmente é professora associada no curso

de Meteorologia e coordenadora do curso de Tecnologia em Mineração da Universidade do Estado do Amazonas (UEA). É professora colaboradora no programa Mestrado da Geociências da UFAM onde ministra a disciplina Geofísica Aplicada à contaminação em subsuperfície. Tem experiência na área de Ciências da Terra, com ênfase em Geofísica Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: geologia, águas subterrâneas, contaminação em subsuperfície através dos métodos geoelétricos (eletrorresistividade, eletromagnético indutivo e radar de solo (GPR)). Tem desenvolvido trabalhos na área de desastres naturais e meteorologia aplicada. Tem contribuído na área de engenharia dos materiais para desenvolvimento de nanocompósitos à base de fibras naturais, argilas organofílicas e grafeno. É bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) pelo qual aplica a técnica da Tomografia Geoelétrica em experimento de recarga artificial do aquífero. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1664662750926680

Josué da Silva Costa – Hidrogeologia

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas, graduação Tecnológica em Petróleo e Gás pelo Centro Universitário do Norte (2013), Especialização em Perícia, Auditoria e Gestão Ambiental, e atualmente é mestrando Profissional em Rede Nacional em Gestão e Regulação de Recursos Hídricos/ProfÁgua, Universidade do Estado do Amazonas. Atualmente é responsável pelas sondagens geoelétricas, acompanhamento das perfurações dos poços, coleta das amostras de solo e monitoramento dos piezômetros, atuando como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Atua como Professor no curso de Tecnologia em Mineração da Universidade do Estado do Amazonas – UEA. Foi bolsista responsável pelas sondagens geoelétricas, acompanhamento das perfurações dos poços, coleta das amostras de solo e monitoramento dos piezômetros, atuando como bolsista especialista em hidrogeologia em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/0306016219222165

Larissa Pena de Abreu Rolim – Hidrogeologia

Mestranda em Geociências pelo Programa de Pós-graduação em Geociências da Universidade Federal do Amazonas (2019). Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (2019). Atua realizando coletas de amostras para as sondagens SPT, abrangendo a

área da bacia do Educandos, Reserva Floresta Adolpho Ducke e Reserva do Cuieiras-ZF2. Sua responsabilidade é de preparar as amostras para análises seguindo as regras da NBR-6457. Todos esses procedimentos estão sendo executados no laboratório de hidrogeologia no Laboratório de Química Ambiental do INPA, onde atua como bolsista Especialista em Hidrogeologia em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Realizou análises granulométricas e sedimentológicas das amostras de solo, apoio na construção dos piezômetros e no trabalho de campo da equipe de hidrogeologia na coleta de informações de níveis de água dos poços de monitoramento. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1933507395101849

Luana Lisboa – Hidrologia

Pesquisadora em Geociências na Companhia de Pesquisa de Recursos Minerais (CPRM – Serviço Geológico do Brasil), na Superintendência Regional de Manaus (AM). Possui graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental (2008), Mestrado em Engenharia Agrícola (2010) e doutorado em Engenharia Agrícola (2014) pela Universidade Federal de Viçosa (UFV), Minas Gerais. Tem experiência na área de engenharia agrícola, com ênfase em conservação de solo e água, atuando principalmente nos seguintes temas: gestão de recursos hídricos, sistemas de informações geográficas, comportamento hidrológico, modelagem hidrológica. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/8593033643157795

Lucindo Antunes Fernandes Neto – Hidrogeologia

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (2018). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Hidrogeologia. Atualmente faço mestrado em geociências na Universidade Federal do Amazonas. Integrante do grupo de pesquisa Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos / Manaus / AM (Projeto IETÉ), no qual foi bolsista e participou de trabalhos de monitoramento da geologia e hidrogeologia da bacia do Educandos com a finalidade de desenvolver um modelo hidrogeológico da área estudada. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1695523313040345.

Marcelo Crestani Mota – Meteorologia

Possui graduação em Engenharia Agrícola pela Universidade Federal de Pelotas – UFPel (2011), mestrado em Manejo e Conservação do Solo e

da Água pela Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel – UFPel (2015), e especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Católica de Pelotas – UCPel (2015). Doutor pelo Programa de Pós-graduação em Clima e Ambiente (CLIAMB) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em ampla parceria com a Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Atua na área de planejamento agrícola, sendo as seguintes as suas principais linhas de pesquisa: agrometeorologia, evapotranspiração, balanço hídrico e emprego de modelos biofísicos de simulação da produtividade agrícola, com ênfase na avaliação do risco climático na agricultura. No Projeto IETÉ trabalhou como bolsista especialista em sensores e análises de dados junto ao grupo de meteorologia. **Endereço de acesso ao CV**: http://lattes.cnpq.br/7185207689311727

Marcos Alexandre Bolson – Química Ambiental

Possui graduação em Licenciatura Plena em Matemática pela Universidade Federal de Rondônia (2002) e mestrado em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) pela Universidade de São Paulo (2006). Tem experiência na área de Matemática e Ecologia com ênfase em Química na Agricultura e no Ambiente, atuando principalmente nos seguintes temas: ciclo do carbono, íons maiores, desmatamento e impactos ambientais. Atualmente pertence ao quadro funcional do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA como técnico do Laboratório de Química Analítica Ambiental da Coordenação de Pesquisas em Produtos Naturais – CPPN atuando no estudo da interação/complexação de metais pesados com substâncias húmicas de rios da Amazônia. Atualmente trabalha como bolsista especialista em análise de qualidade de água em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Organizou dados sobre metais pesados nas águas superficiais da bacia hidrográfica do Educandos. Contribuição para a construção do artigo sobre Índice de Qualidade de Água – IQA para águas amazônicas. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/9257604085010313

Maria Juliana de Melo Monte – Hidrologia

Bacharela em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA), em Manaus, com graduação sanduíche na University of Nebraska at Omaha e academic training na empresa DC Water, através do programa Ciências sem Fronteiras. Atualmente é aluna de mestrado no Programa de Pós-Graduação em Clima e Ambiente (PPG CLIAMB) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e bolsista em uma rede de monitoramento

ambiental da bacia hidrográfica do Educandos em Manaus (Projeto IETÉ) atuando como especialista em hidrogeologia. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5082590887892175

Natália de Queiroz Teixeira – Química Ambiental

Possui graduação de Bacharelado e Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Amazonas (UFAM – 2007). Mestre em Engenharia de Recursos da Amazônia (UFAM), 2009 – 2012. Possui experiência em trabalhos utilizando espectrofotômetro em análises laboratoriais. Atuou trabalha como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Especialista em análises de fosfato e amônio espectrofotométricas. Responsável pelos testes com matéria orgânica e dados de cálcio e magnésio. Tabulou e organizou os dados desses íons, como sódio e potássio, para a produção de trabalhos acadêmicos do grupo da Química do IETÉ. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/6085137556153041

Paulo Renan Gomes Ferreira – Química Ambiental

Professor de Química. Possui graduação em Química – Bacharel pela Universidade Federal do Amazonas (2006 – 2010), Mestrado em Química Analítica (2010 – 2012) e Doutorado em Química (2017 – 2022) pela Universidade Federal do Amazonas, concluídos sob orientação do Prof. Dr. Genilson Pereira Santana. É especialista em Docência e Gestão do Ensino Superior, pela Faculdade Estácio do Amazonas (2016 – 2018). Atuou como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) no INPA (Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia), como professor universitário e como professor particular com foco em vestibulares, concursos militares, reforço e acompanhamento escolar. No projeto IETÉ foi responsável pelas análises de compostos fosfatados e nitrogenados, e de organizar e tabular os resultados de fósforo e de nitrogênio das amostras de água coletadas. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5757975882653162

Ranyelli Cunha de Figueiredo – Meteorologia

Bacharela em Meteorologia pela Universidade do Estado do Amazonas, mestrado em Clima em Ambiente UEA/INPA, com área de atuação com enfoque em Agrometeorologia. Atualmente bolsista em uma rede de monitoramento ambiental da bacia hidrográfica do Educandos em Ma-

naus (Projeto IETÉ) atuando como especialista em sensores e análise de dados de meteorologia. Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/9431885843460452

Regison da Costa de Oliveira – Meteorologia

Possui graduação em Engenharia Ambiental e Sanitária pelo Centro Universitário do Norte (2017). Mestrado pelo Programa de Pós- graduação em Clima e Ambiente (CLIAMB) do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA) em ampla parceria com a Universidade do Estado do Amazonas (UEA). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em recursos hídricos, qualidade de água, hidrologia e particionamento hídrico. Além de ter conhecimentos na instalação e calibração de sensores em torres meteorológicas como: pluviômetro; sensor de direção e velocidade do vento; sensor de umidade relativa e temperatura do ar; sensor de radiação solar; painel solar e estação de monitoramento remoto HOBO RX3000 (registrador de dados). Trabalhou como bolsista Especialista em Sensores e Análises de Dados em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ), onde era responsável Desenvolvimento de programas e scripts em linguagem Python para análise de dados e elaboração de figuras. Manutenção de equipamentos e sensores in loco e no laboratório de modelagem climática. Instalação e configuração de estações meteorológicas; gerenciamento e backup de dados na servidora local; Desenvolvimento sistema de aquisição de dados (hardware e software) e configuração de sensores na plataforma móvel de coleta de dados (Biciclima), realiza tratamento numérico de dados e elaboração de figuras para os relatórios, artigo científico; elaboração e participação em workshop do Projeto IETÉ. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5306678564210980

Sâmia Dourado de Albuquerque – Química Ambiental

Possui graduação em Química Industrial pelo Instituto Federal do Amazonas-IFAM; Mestranda em Química de Materiais pela Universidade Federal do Amazonas-UFAM; Fez projeto de Iniciação Científica no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia-INPA, com águas subterrâneas no maior aquífero do mundo, Alter do chão; Participou de diversos congressos, incluindo voltados para temática da qualidade da água; Especialista em análises Físico-Químicas em Estação de Tratamento de Efluentes da indústria de eletroeletrônicos. Atualmente trabalha como bolsista desenvolvendo pesquisas com águas residuárias da Estação de Tratamento Ecológica

de Efluentes, com o objetivo de obter um filtro a partir de carvão ativado, através de caroços de tucumã e açaí, em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Responsável pela apresentação de trabalhos de filtro de carvão e análises químicas em estações de tratamento de efluentes. Proposição de metodologias para o uso de carvão ativado em estações de tratamento de efluentes. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3614739713566180

Sebastião Atila Fonseca Miranda – Química Ambiental

Possui graduação em Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1981), mestrado em Química pela Universidade Federal de Santa Catarina (1985) e doutorado em Ecologia pela Escola de Engenharia de São Carlos (1997). Atualmente é Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia, com experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica, no laboratório de química ambiental. Possui várias publicações sobre as características hidrológicas e hidrogeoquímicas da qualidade de água dos igarapés de Manaus. Fez parte do grupo de química do Projeto IETÉ onde participa das atividades relativas às análises químicas da água superficial e profunda da Bacia do Educandos. Foi responsável em avaliar resultados da hidroquímica dos poços e relacionar os indicadores de potabilidade com as normas/legislação vigente. Propôs medidas mitigadoras para amenizar a pressão sobre os recursos subterrâneos da bacia hidrográfica do Educandos. Foi responsável por selecionar e avaliar potenciais locais de monitoramento no início do projeto, em 2019. Apoiou o atual Coordenador de Química do projeto, na organização do uso do laboratório com todos os seus insumos. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5543359604890117

Sergio Roberto Bulcão Bringel – Química Ambiental

Possui graduação em Química-Universidade Federal do Amazonas (1974); Ms.C. Energia Nuclear na Agricultura-Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (1980) e Dr. Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz da Universidade de São Paulo (1989). Pesquisador do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia- INPA; Professor da Universidade do Estado do Amazonas; Conselheiro do Conselho Estadual de Recursos Hídricos do Estado do Amazonas; Consultor da Fundação de Amparo a Pesquisas do Estado do Amazonas; Conselheiro do Conselho Estadual de Geodiversidade do Estado do Amazonas; Conselheiro do Conselho Estadual de Gestão

de Resíduos Sólidos do Estado do Amazonas; Consultor da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de Pernambuco; Membro da Academia Amazonense de Química; Membro da Associação Brasileira de Química; Presidente da Associação Brasileira de Química Regional Amazônia Ocidental; Tem experiência na área do Meio Ambiente Amazônicos, com ênfase em Ciências Exatas e da Terra, atuando principalmente nos seguintes temas: Química da Água; Química Analítica; Poluição Ambiental; Bacia Hidrográfica; Limnologia; Recursos Hídricos; Hidrogeoquímica em Pequenos e Grandes Rios da Bacia Amazônica e Gestão de Bacia Hidrográficas. Foi bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Responsável pela produção de material técnico sobre legislação aplicada ao comitê de bacias hidrográficas. Participação na produção de artigos associados à qualidade da água. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/7984107627319118

4.2.1 Pesquisadores – Projetos com Fundos Incorridos

Ana Lucia Soares Machado

Possui graduação em Ciências Biológicas (1989), graduação em Pedagogia (2000), especialização em Turismo Ambiental (2002), mestrado em Ciências Ambientais e Sustentabilidade da Amazônia pela Universidade Federal do Amazonas (2006) e doutorado em Desenvolvimento Sustentável pela Universidade de Brasília (2012). Coordenadora do Curso Pós-graduação em Meio Ambiente e suas Tecnologia – PGMAST no IFAM-Campus Manaus Distrito Industrial (CMDI) e prof do Ens. Básico Técnico em Biologia, prof. na graduação de Engenharia de Controle e Automação na disciplina Meio Ambiente, prof na pós graduação em Educação Ambiental.; participou em 2019/2020 como orientadora do Time Canoa, no projeto internacional de inovação, no projeto Latin America Practices and Soft Skills for an Innovation Oriented Network -LAPASSION, no âmbito do acordo de Cooperação Internacional 585687 -EPP -2017 -1-PT-EPPKA-2-CBHE-JP, com recursos oriundos do Programa Erasmus Plus da União Europeia; Participou Projeto de inovação Cnpq “Meninas na Ciências”. Presidente da Comissão permanente de Gestão Ambiental no CMDI. Tem experiência na área de Educação, com ênfase em Educação Ambiental, atuando principalmente nos seguintes temas: educação ambiental, reciclagem, sustentabilidade, resíduos sólidos e gerenciamento. Atualmente é CEO da Startp Ecossistemas Inteligentes Consultoria, desenvolveu o Projeto GAWA – Edital Economia Criativa Samsung. Participou do

projeto: Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus / AM (Projeto IETÉ), com recurso de P&ID Samsung, atua como Bolsista – Professor Orientador PIBIC, coordena o subprojeto no IFAM-CMDI (local de uma das nascentes de contribuição a Bacia do Educandos), intitulado: Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/8651168588446017

Ananda Gabrielle de Matos Rebêlo

Doutoranda em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e Universidade do Estado do Amazonas. Mestre em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA. Graduação em Engenharia Florestal pela Universidade Federal do Oeste do Pará – UFOPA. Membro dos Grupos de Pesquisa Centro de Estudos em Manejo e Sistemas Florestais Integrados – UFOPA, do Grupo Agroflorestal -UFS e do Grupo de Pesquisa Química Aplicada à Tecnologia – UEA. Foi bolsista de Iniciação Científica, na linha de pesquisa em Sistemas Agroflorestais. Tem experiência na área de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com ênfase nos temas: agrossilvicultura; ciclagem biogeoquímica; solos; educação ambiental; agroecologia; metodologia da pesquisa; recuperação de áreas degradadas. **Endereço de acesso ao CV**: http://lattes.cnpq.br/6257543751349526

Emelly Cristine da Silva Barros

Possui ensino-médio-segundo-grau pela Escola Estadual Roderick de Castelo Branco (2020). Foi bolsista de projeto, desenvolvido no INPA, sobre Rede de Monitoramento Ambiental de uma Bacia Hidrográfica Urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Participou como bolsista de iniciação científica no subprojeto: "Avaliação de possíveis interações entre aquífero e água superficial nas cercanias de uma nascente da Bacia Hidrográfica do Educandos, na Zona Leste de Manaus. Nesse projeto parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos de águas são avaliados para estudar a possível interação entre essas águas. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1548320449864752

Fábio Alexandre Costa Mota

Possui Doutorado (2016) e Mestrado (2010) em Química Analítica pela Universidade Federal do Amazonas e Bacharelado/Licenciatura em Química pela Universidade Federal do Amazonas (2004). Professor do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – IFAM da Zona Leste. Ênfase em Química Ambiental. Foi pesquisador bolsista de uma Rede de Monitoramento Ambiental de uma Bacia Hidrográfica Urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) desenvolvido pelo INPA. Dentro do Projeto IETÉ desenvolve sub-projeto "Avaliação de possíveis interações entre aquífero e água superficial nas cercanias de uma nascente da Bacia Hidrográfica do Educandos, na Zona Leste de Manaus" orientando duas bolsistas de iniciação científica. Nesse projeto monitora e avalia, através de parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos de águas, possíveis interações entre águas subterrâneas e superficiais de uma nascente do Igarapé do Quarenta, na zona leste da cidade, bacia hidrográfica do Educandos, através de coletas e análises semanais. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/2207667092752016

Guilherme Junio Ferreira Matos

Estudante de Engenharia de Controle e Automação pelo Instituto Federal do Amazonas – IFAM. Experiência no curso de Licenciatura em Física pelos Universidade Federal do Amazonas, atualmente finalizando o curso pela Centro Universitário Internacional – UNINTER. Participou do projeto: Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus / AM (Projeto IETÉ), com recurso de P&ID Samsung, atuou como aluno Bolsista PIBIC, no desenvolvimento do subprojeto no IFAM-CMDI (local de uma das nascentes de contribuição a Bacia do Educandos), intitulado: Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos. Presta apoio na construção de uma rede de sensores que farão a coleta de dados na nascente do Igarapé da Vovó. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3130463923647652

João Caio Souza Nunes

Possui ensino-médio-segundo-grau pela 3° Colégio Militar da Polícia Militar do Amazonas (2017). Tem experiência na área de Engenharia Elétrica, com ênfase em Eletrônica Industrial, Sistemas e Controles Eletrônicos. Foi bolsista de projeto, desenvolvido no INPA, sobre Rede de Monitoramento

Ambiental de uma Bacia Hidrográfica Urbana da Amazônia (Projeto IETÉ), onde atuou como bolsista de iniciação científica no subprojeto no IFAM-CMDI (local de uma das nascentes de contribuição a Bacia do Educandos), intitulado: "Tecnologia de Monitoramento de Trilha Ecológica, voltada a Educação Ambiental para Preservação de um segmento da Bacia Hidrográfica do Educandos". Apoiou na construção de uma rede de sensores que farão a coleta de dados na nascente do Igarapé da Vovó. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5758206207440358

João da Silva Carvalho

Possui graduação em Geologia pela Universidade Federal do Amazonas (1981), mestrado em Geofísica pela Universidade Federal do Pará (1987) e doutorado em Clima e Ambiente pelo Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (2012). É professor Associado, Nível 3, da Universidade Federal do Amazonas, aposentado. Atualmente desempenha atividades de pesquisa, na condição de pesquisador (bolsista), no projeto Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus / AM (Projeto IETÉ), no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Geofísica Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: cartografia geológica e levantamentos geofísicos nas áreas de gravimetria, geotermia, resistividade elétrica e magnetometria, com ênfase na questão ambiental. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/0249885536540513

José Edivaldo Chaves

Possui ensino-médio e segundo grau pelo Instituto Batista Ida Nelson (1983). Servidor Técnico de Laboratório III do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. No Projeto IETÉ foi bolsista técnico químico, responsável pelas análises químicas no laboratório do INPA. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/9073997519559220

Letícia Vitória Sousa Martins

Completou o ensino médio na Escola Estadual Vasco Vasques, e atualmente cursa o terceiro período de Tecnologia em Agroecologia no Instituto Federal do Amazonas – Campus Manaus – Zona Leste. Participa como bolsista no projeto "Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica do Educandos – Manaus / AM (Projeto IETÉ)" Participou como bolsista no projeto "Rede de Monitoramento Ambiental da Bacia Hidrográfica

do Educandos – Manaus / AM (Projeto IETÉ)". Participa como bolsista de iniciação científica no subprojeto: "Avaliação de possíveis interações entre aquífero e água superficial nas cercanias de uma nascente da Bacia Hidrográfica do Educandos, na Zona Leste de Manaus" desenvolvendo as atividades de coletas e análises laboratoriais de parâmetros químicos, físico-químicos e microbiológicos de águas de modo a avaliar possíveis interação entre essas águas. Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/5510742701540047

Marcela Amazonas Cavalcanti

Possui mestrado em Ciências Florestais e Ambientais pela Universidade Federal do Amazonas (2006) e Pós-Graduadação em Agente de Inovação e Difusão Tecnológica – AGINTEC. Atua como pesquisadora-chefe do laboratório de Celulose e Papel/Carvão Vegetal do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia – INPA, realizando pesquisas nas áreas de Recursos Florestais e Engenharia Florestal, com atuação principalmente nos seguintes temas: educação ambiental, resíduos, desenvolvimento sustentável, coleta seletiva, papel artesanal, briquete, biocarvão, carvão vegetal para energia e filtração sem ativação com resíduos da Amazônia É consultora Ad hoc da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Amazonas, professora da Universidade do Estado do Amazonas, consultora – terceirizada – Serviço de Apoio às Micro e Pequenas Empresas. Ajudou a desenvolver 3 produtos patenteados para o laboratório sob sua responsabilidade. Trabalhou como bolsista especialista em biocarvão vegetal em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ), onde publicou trabalhos científicos intitulados "Caracterização físico-química de uma Estação de Tratamento de Efluentes Ecológica visando a construção de um filtro de carvão ativado a partir de resíduos de frutas amazônicas" e "Diagnóstico do Potencial de Resíduos Agroflorestais para Sistemas Filtrantes de Água. – INPA. Endereço de acesso ao CV: http://lattes.cnpq.br/6693754338360430

Renato Cruz Senna

Possui graduação em Meteorologia pela Universidade Federal de Pelotas (1985) e mestrado em Agronomia (Física do Ambiente Agrícola) pela Universidade de São Paulo (1990). Tem experiência na área de Geociências, com ênfase em Meteorologia Aplicada, atuando principalmente nos seguintes temas: previsão do tempo, micrometeorologia de florestas, climatologia estatística, radiação solar, floresta tropical, monitoramento

hidrometeorológico. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3718655303466935

Sabrina Monteiro Marques

Possui graduação em Engenharia Ambiental e Energias Renováveis, no Centro Universitário FAMETRO. Atualmente é bolsista de projeto, desenvolvido no INPA, sobre Rede de Monitoramento Ambiental de uma Bacia Hidrográfica Urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Participou como bolsista de iniciação científica no subprojeto: Determinação de sistemas de filtragem com resíduos agroflorestais carbonizados da Amazônia e sua eficiência em sistema de reinjeção de água tratada no aquífero" – INPA, no grupo de Hidrogeologia do Projeto IETÉ, onde fez a triagem, pesagem e secagem das sementes utilizadas para confecção do filtro vegetal. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4709012591809247

4.3 Técnicos

Aretusa Cetauro de Abreu – Química Ambiental

Possui graduação em Tecnologia de Alimentos pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas (2009). Atualmente é técnico de laboratório do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Desenvolve atividades como: Análises físico-químicas de águas (superficiais, residuais, de precipitação entre outras). Auxilia no ensino prático dos alunos de iniciação científica pertencentes ao grupo de recursos hídricos (PIBIC/INPA). Realiza a verificação de calibração dos equipamentos no laboratório, participa da organização contínua do laboratório (limpeza de vidrarias, preparo de soluções químicas, organização de reagentes e vidrarias) e no controle dos reagentes químicos utilizados no laboratório. Trabalhou como bolsista de química em uma rede de monitoramento ambiental de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ), onde foi responsável pela organização e tabulação de dados analíticos para serem usados nas produções acadêmicas e pelas análises físico-químicas das águas subterrâneas da bacia do Educandos, usando técnicas titrimétricas, gravimétricas e potenciométricas, no laboratório do INPA. Realizou de testes analíticos e estatísticos com o objetivo de otimizar processos laboratoriais. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1656901986586420

Christian Pereira Lourinho – Hidrogeologia

Possui graduação em Ciências Naturais pela Universidade Federal do Pará (2013). Atualmente trabalha na Associação dos Amigos do Peixe-Boi (AMPA), onde presta serviços como apoio técnico na manutenção dos tanques da Estação de Tratamento de Efluentes dos peixes-boi. Tem experiência na área de Biologia Geral, Análises Clínicas e Toxicológicas. Atualmente trabalha como bolsista técnico em Hidráulica e Manutenção de ETE em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Responsável pelo apoio logístico no trabalho de campo, por confeccionar os piezômetros e fazer a manutenção da ETEE para o futuro processo de injeção artificial de água. Participou da elaboração da publicação intitulada "Diagnóstico do Potencial de Resíduos Agroflorestais para Sistemas Filtrantes de Água"; apoio no subprojeto: Determinação de sistemas de filtragem com resíduos agroflorestais carbonizados da Amazônia e sua eficiência em sistema de reinjeção de água tratada no aquífero" – INPA. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5244395907311005

Deborah Oliveira Rodrigues – Química Ambiental

Possui graduação em Bacharel Em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1996), graduação em Licenciatura Em Química pela Universidade Federal do Amazonas (1996) e doutorado em Ciências Ambientales – Universidad de Granada (2004). Atualmente é técnico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Atua na área de microbiologia ambiental e toxicologia ambiental. No Projeto IETÉ trabalhou como bolsista especialista em microbiologia, responsável pelo levantamento microbiológico (coliformes) das águas superficiais e profundas. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3609432503849224

Jonismar Souza da Silva – Quimica Ambiental

Aluno de doutorado em Biologia de Água Doce e Pesca Interior, no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA), mestre em Agricultura no Trópico Úmido pelo mesmo Instituto, Bacharel em Ciências Biológicas pela Centro Universitário do Norte (Uninorte) e Licenciado em Ciências Biológicas pelo Instituto Federal do Amazonas (IFAM). . No Projeto IETÉ foi bolsista técnico, responsável pelas análises de carbono no laboratório de química ambiental do INPA. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/7342243261223401

Luis Vilmar Sousa da Silva – Química Ambiental

Possui curso-técnico-profissionalizante pelo Serviço Nacional da Industria (1982) e ensino-médio-segundo-grau pelo Centro Intercolegial Gal. Rodrigo Octávio (1982). Atualmente é Técnico do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia. Tem experiência na área de Química, com ênfase em Química Analítica. No Projeto IETÉ foi bolsista técnico químico, responsável pelas análises químicas no laboratório do INPA. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/5456945796823986

Mateus Ferreira de Oliveira – Hidrogeologia

Bolsista no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia onde atua na área de hidrogeologia. Mestre em Ciência e Engenharia de Materiais pela UFAM. Graduado em Engenharia Civil pela Universidade do Estado do Amazonas (UEA/EST). Neste período atuou como pesquisador no Laboratório de Recursos Hídricos e Altimetria Espacial da Amazônia, voltado para o monitoramento de bacias hidrográficas via satélite, além de membro do projeto de extensão Conferência com os universitários: um olhar sobre o saneamento básico. No Projeto IETÉ é bolsista técnico do grupo de Hidrogeologia. **Endereço de acesso ao CV**: http://lattes.cnpq.br/7400275080422973

Thomé de Aquino do Nascimento – Hidrogeologia

Possui ensino-médio-segundo-grau pela Escola Agrotécnica Federal de Manaus (2000). Trabalhou por 10 anos como técnico de campo do grupo de hidrologia do Programa LBA (INPA), realizando coletas semanais de água da microbacia do igarapé Açu. Realiza medidas de vazão com o equipamento Flow Tracker, coleta de dados e medidas de nível de água dos piezômetros e coleta de água para análise dos piezômetros no transecto hidrológico nas reservas. Iniciou em 2019, como bolsista técnico de recursos hídricos em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) onde foi responsável pela coleta de dados hidrológicos (nível d´água, vazão e coletas de amostras de água da precipitação interna), armazenamento dos dados coletados e manutenção das estações hidrológicas. Em 2021, passou a apoiar as atividades de campo do Grupo da Hidrogeologia. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/3367756762009593

Walter Jorge do Nascimento Filho – Química Ambiental

Possui curso técnico-profissionalizante pela Escola de 1o e 2o Graus Sólon de Lucena (1980) e ensino médio pela Escola de 1o e 2o Graus Sólon de Lucena (1980). Atualmente é Técnico 3 do Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia e técnico de apoio em análises clínicas, onde atua no grupo de química, recebendo, processando, analisando e realizando a interpretação das amostras coletadas pelos grupos de pesquisadores. Também contribui no planejamento das atividades que são desenvolvidas no laboratório e trabalhou como bolsista técnico de apoio em análises químicas em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ**). Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4563070547308657

4.4 Administrativo

Ana Rita dos Santos Teixeira

Possui graduação em Contabilidade na Universidade Paulista (2012). Curso Planejamento, execução, monitoramento e controle de projetos (2016), Curso de Prestação de Contas e Licitação Pública (2018), ambos no Grupo Orzil Consultoria; atuou profissionalmente como Gerente de Projetos FUNDAÇÃO DJALMA BATISTA. (1998 -2004); – Responsável pelo Setor Financeiro (2004 – 2011); responsável pelo Setor Prestação de Contas (2011- 2014); Membro da Comissão Permanente de Licitação da FDB (2011 -2019). Atualmente é especialista em apoio técnico a pesquisa como bolsista especialista em apoio técnico a pesquisa em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ). Suas funções no Projeto incluem o acompanhamento das planilhas de controle dos pagamentos dos bolsistas, controle e acompanhamento do cronograma físico financeiro, RH, documentação, material de consumo e outros correlatos; cotação de preço, recebimento de materiais e acompanhamento dos pedidos de compras, solicitados via ofícios do Projeto. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/9921413042782624

Erika Laura Schloemp

Possui graduação em Ciências Biológicas pela Universidade Santa Úrsula (1990) e mestrado em Ciências Florestais pela Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz/USP (1995). Atualmente é gerente de projetos de pesquisa do Programa LBA e bolsista apoio técnico científico do Projeto IETÉ,

ambos com sede no Instituto Nacional de Pesquisas da Amazônia (INPA). No Projeto IETÉ, atua desde 2019, como especialista de apoio técnico e científico, junto à Gerente Operacional, em uma rede de monitoramento de bacia hidrográfica urbana da Amazônia. Suas atividades neste projeto são o de prestar apoio técnico e científico na elaboração e formatação de documentos de pesquisa. Organização e apoio aos eventos do projeto. Diagramação de livros e relatórios científicos. Levantamento da produção científica do projeto. Armazenamento e organização do banco de fotos do projeto. Orientação dos bolsistas sobre atualização do CV Lattes e submissão de publicações, com autorização prévia da Samsung. Recebimentos de todos os relatórios mensais dos bolsistas para, em seguida, encaminhá-los à FAEPI. Estabelecer contato com ASCOM INPA durante os eventos do projeto. Publicação de comunicados para a comunidade IETÉ via e-mail e WhatsApp. Responsável pela elaboração de minutas e atas das reuniões, acompanhamento das atividades das equipes do projeto e recebimento de relatórios (revisão e orientação aos bolsistas). **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/1249113269175823

Jauapery Neves Pereira Junior

Possui graduação em Administração pelo Centro Integrado de Ensino Superior do Amazonas (1995). Trabalha como técnico III (1986) no INPA, exercendo atividades no laboratório de química ambiental (setor da hidrologia), experiência na área de administração, com ênfase em planejamento em ciência e tecnologia. Atualmente é responsável pela logística do Programa de Grande Escala Biosfera-Atmosfera da Amazônia (LBA) e trabalha como bolsista técnico de apoio a pesquisa em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) onde é responsável pelo suporte logístico do projeto (agendamento de excursões às Reservas do INPA e Bacia do Educandos), preparação do relatório de cronometragem dos carros do projeto, abastecimento e higiene dos carros. **Endereço de acesso ao CV:** http://lattes.cnpq.br/4846911092770196

Shirley Santos Pinheiro Campos

Formada Administração de Empresas, pela Universidade Luterana do Brasil (2006), em Manaus (AM). Possui MBA em Gerenciamento de Projetos, pelas Faculdades IDAAM (2016). Profissional com mais de 15 (quinze) anos de experiência em projetos científicos, tecnológicos e inovação; experiência na gestão de contratos e convênios (CNPq, CAPES, FAPEAM

e outros); apoio a Pesquisa e Desenvolvimento – P&D; Suporte na elaboração de diagnósticos; na Organização de reuniões, eventos, campanhas cientificas; no levantamento das atividades operacionais e científicas dos sítios de pesquisa, para a alocação de recursos, que auxiliem na manutenção básica da infraestrutura, e na realização das atividades de campo. Atualmente exerce a função de Gerente de Projetos do Programa LBA e Especialista Técnico Administrativo como bolsista em uma rede de monitoramento de uma bacia hidrográfica urbana da Amazônia (Projeto IETÉ) onde atua na organização e apoio aos eventos do projeto; elaboração de certificados para participantes nos eventos do projeto; formatação de relatórios científicos da Gerência Operacional; armazenamento e organização do banco de documentos do projeto; armazenamento e organização do acervo dos registros fotográficos do projeto; registro da documentação IETÉ no SEI/INPA/MCTI; responsável pelo recebimento e armazenamento de evidências das atividades de campo e laboratoriais (fotos, vídeos etc.); diagramação de material para publicação; suporte na produção dos relatórios técnicos do projeto; elaboração de cotações e ofícios para compras em geral; publicação de posts sobre o Projeto IETÉ nas mídias sociais do projeto parceiro LBA; downloads de vídeos e postagens de reuniões técnicos e científicos no Canal do Projeto no YouTube; diagramação de material para publicação. **Endereço de acesso ao CV:** https://www.linkedin.com/in/shirley-pinheiro-46989350.

Agradecimentos

Este trabalho é resultado de projeto de PD&I realizado a partir da parceria INPA/SAMSUNG com recursos da Lei de Informática para a Zona Franca de Manaus (Lei no. 8.337/91) estando sua divulgação de acordo com o artigo 39 do decreto 10.521/2020.

Os organizadores agradecem à todos os envolvidos na construção do Projeto IETÉ, direta e indiretamente.

Glossário

Termo	Definição
AQUÍFERO	Formação ou corpo geológico que contém água e pode cedê-la em quantidades economicamente aproveitáveis.
ARENITO MANAUS	Porções silicificadas na Formação Alter do Chão.
ARGILA	Rocha sedimentar, de grão muito fino (inferior a 0,002 mm), constituída essencialmente por silicatos de alumínio hidratados (caulinite, haloisite etc.).
ARQUIVO RASTER	Matriz de pixel. Os dados raster são compostos por linhas (horizontais) e colunas (verticais) de pixels. Cada pixel representa uma região geográfica, e o valor do pixel representa uma característica dessa região.
BALANÇO HÍDRICO	É a contabilização dos fluxos de água que entram e saem de uma região ou bacia hidrográfica, incluindo a precipitação, evaporação, escoamento e infiltração, frequentemente usado para estimar a evapotranspiração.
CALOR ANTROPOGÊNICO	Calor liberado para a atmosfera como resultado de atividades humanas, geralmente envolvendo a combustão de combustíveis. As fontes incluem indústrias, sistemas de aquecimento e resfriamento de residências, metabolismo humano e escapamento de veículos. Nas cidades, essa fonte normalmente contribui com 15-50 (W m-2) para o equilíbrio do calor local, e sua magnitude pode chegar a centenas de (W m-2) no centro de grandes cidades em climas frios e áreas industriais. Comparado a ilha de calor urbano.
CALOR LATENTE (LE)	A diferença de entalpia específica entre duas fases de uma substância na mesma temperatura.
CALOR SENSÍVEL (H)	O calor que podemos sentir e medir com um termômetro.
CONDUTIVIDADE ELÉTRICA (DA ÁGUA)	Capacidade da água para conduzir um circuito elétrico atual, usada para fornecer uma estimativa do total de sólidos dissolvidos.
CONDUTIVIDADE HIDRÁULICA	Facilidade com que o solo/rocha transmite água.
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio. Representa a quantidade de oxigênio consumida por microrganismos presentes em uma dada amostra de efluentes, como esgotos domésticos e efluentes industriais.
DÉFICIT HÍDRICO	Diferença entre os valores acumulados de precipitação e evapotranspiração em uma área durante um dado período.
DESCARGA	Quantidade (volume) de água transportada através de uma seção transversal de um leito de rio por unidade de tempo.

Termo	Definição
EDTA	Ethylenediamine tetra acetic acid ou ácido etilenodiamino tetra-acético é um composto orgânico que age como agente quelante, formando complexos muito estáveis com diversos íons metálicos.
EDDY COVARIANCE	É a técnica mais direta para determinar os fluxos turbulentos de energia na direção vertical. O fluxo é calculado como a média do produto instantâneo entre a velocidade vertical e uma quantidade escalar (como uma concentração, por exemplo, vapor de água).
ESCALA LOCAL	Refere-se à escala de cidade ou à vizinhança. Pode variar de um bairro até o tamanho da cidade.
ESCOAMENTO DE BASE OU FLUXO DE BASE	Descarga que entra em um canal de fluxo principalmente das águas subterrâneas, mas também de lagos e geleiras, durante longos períodos quando não ocorre precipitação.
ESCOAMENTO DIRETO	A parte do hidrograma de inundação que representa a resposta rápida à chuva e que é distinta do fluxo de base.
ESCOAMENTO SUPERFICIAL	É a precipitação que flui na superfície do chão.
EVAPOTRANSPIRAÇÃO	Transpiração também é evaporação (da água), evapotranspiração é o processo pelo qual a água da vegetação é transferida para a atmosfera na forma de vapor.
FIA	Análise por Injeção em Fluxo. Trata-se de uma adaptação metodológica em análises por espectrofotometria.
FORMAÇÃO ALTER DO CHÃO	Especificamente na porção ocidental da bacia Amazônica, desenvolveram-se sistemas fluviais de alta energia, com fluxo para oeste, que resultou na deposição de grande volume de sedimentos arenosos, denominados por Kistler (1954, apud Caputo et al., 1972) de Formação Alter do Chão. Esta unidade é constituída por arenitos finos a médios, vermelhos, argilosos, cauliníticos, inconsolidados, contendo grânulos de seixos de quartzo esparsos, geralmente com estratificação cruzada, com espessura da ordem de até 1.250 metros de espessura.
GEOFÍSICA	Estuda as propriedades físicas da Terra (calor, magnetismo, radioatividade, gravidade, eletricidade, propagação de ondas elásticas, etc.) para investigar seu interior, tanto nas camadas mais superficiais quanto nas porções mais profundas.
GEOPROCESSAMENTO	Etapa de tratamento das informações obtidas por meio do sensoriamento remoto e do GPS para a produção de mapas, cartogramas, gráficos e sistematizações em geral. Tal procedimento consiste no uso de softwares especialmente programados para essa função, que são capazes de adicionar legendas e informações diversas sobre o espaço representado.
ILHA DE CALOR	Fenômeno antrópico caracterizado pelo aumento da temperatura em centros densamente urbanizados quando comparado com áreas rurais circundantes. Essa diferenç indica regiões mais aquecidas quanto mais densamente urbanizada a região for.
INFILTRAÇÃO	É o fluxo de água que atravessa a superfície do solo por unidade de área e por tempo.

Termo	Definição
INTERCEPTAÇÃO	Processo pelo qual a precipitação é capturada e mantida pela vegetação (cobertura e estrutura de serapilheira) e então pode ser perdido por evaporação sem o alcance do solo. (2) Quantidade de interceptação, igual ou menor que a capacidade de interceptação.
INTERFLUXO	A água, derivada da precipitação, que se infiltra na superfície do solo e depois se move lateralmente pelas camadas superiores do solo acima do lençol freático, até atingir um canal de córrego ou retornar à superfície em algum ponto da encosta abaixo de seu ponto de infiltração. Embora prontamente definido, o interfluxo é difícil de medir e quantificar.
IQA	Índice de Qualidade de Água. Esse índice serve para classificar e até enquadrar determinados tipos de águas. Há vários no mundo, mas no Brasil, o mais conhecido é IQA do Estado de São Paulo, adaptado pela Cetesb nos anos de 1970 e 1980.
LENÇOL FREÁTICO	Água subterrânea ocupando a zona saturada.
MATÉRIA ORGÂNICA PARTICULADA	Matéria orgânica sólida que não é coloidal e nem dissolvida em água.
MESOESCALA	A escala dos fenômenos meteorológicos que variam em tamanho de alguns km a cerca de 100 km. Inclui ventos locais, tempestades e tornados.
MODELO GEOELÉTRICO	Representação numérica das sondagens elétricas (profundidade em metros e resistividade elétrica em ohm.m, das camadas geoelétricas.
NDVI	Normalized Diference Vegetation Index (Índice de Vegetação por Diferença Normalizada). É um indicador da biomassa fotossinteticamente ativa.
NDWI	Normalized Diference Water Index (Índice de Água por Diferença Normalizada). Reflete o conteúdo de umidade nas plantas e no solo.
NÍVEL ESTÁTICO OU HIDROSTÁTICO	Nível piezométrico de um aquífero quando não existe nenhuma captação em funcionamento. Também é usado para designar a distância do nível da água em relação a uma dada referência.
NÍVEL FREÁTICO	Nível superior a que se encontra a parte saturada da água do solo. Este nível de saturação está à pressão atmosférica.
ORTOMOSAICO	Mosaicos de fotografias aéreas ou de imagens de satélites ortorretificadas e realçadas para homogeneizar sua aparência. Ortomosaicos de fotografias aéreas são comumente denominados mosaico de ortofotos ou ortofoto mosaico.
pH	Valor absoluto do logaritmo decimal da concentração de íon hidrogênio em um meio, usado como um indicador de acidez (pH <7) ou alcalinidade (pH>7).
PIEZÔMETRO	Perfuração ou aparelho que penetra numa camada aquífera e que permite obter informações sobre o nível piezométrico, de acordo com a posição do nível de água existente no seu interior. Pode também utilizar-se para obter dados sobre a permeabilidade.

Termo	Definição
PLUVIÔMETRO	Coletores da precipitação total em área aberta para a quantificação, manual, da altura de chuva e análises físico-químicas.
PRECIPITAÇÃO	Qualquer forma de partículas de água líquidas ou sólidas, que caem da atmosfera e atingem o solo.
PRESSÃO ATMOSFÉRICA	Também chamada de pressão barométrica. A pressão exercida pela atmosfera como consequência da atração gravitacional.
PCSAD	Plataforma de Controle e Supervisão de Aquisição de Dados. É um espaço virtual de armazenamento onde ocorre a coleta, salvamento, exibição e processamento de todos os dados dos sensores e é fornecido pela HOBO-Onset na aquisição das estações meteorológicas.
PYTHON	Linguagem de programação.
QGIS	(Anteriormente conhecido como Quantum GIS) - é um software de Sistema de Informações Geográficas (SIG), gratuito e de código aberto, projetado pela Open Source Geospatial Foundation. Oferece suporte à visualização, edição e análise de dados geoespaciais.
RADIAÇÃO SOLAR	A radiação eletromagnética total emitida pelo Sol.
RECARGA	O processo de aumentar a água armazenada na zona saturada de um aquífero.
REFLETIVIDADE	A proporção de qualquer irradiância refletida para incidente.
RESISTIVIDADE	Em geofísica, este método emprega uma corrente elétrica artificial que é introduzida no terreno através de dois eletrodos (denominados de A e B), com o objetivo de medir o potencial gerado em outros dois eletrodos (denominados de M e N) nas proximidades do fluxo de corrente, permitindo assim calcular a resistividade real ou aparente em subsuperfície.
RFAD	Reserva Florestal Adolpho Ducke.
RUGOSIDADE	Coeficiente de rugosidade que caracteriza a rugosidade de um canal de transporte de água ou um cano, e que é levado em consideração ao calcular a resistência ao fluxo no canal ou tubo.
SALDO RADIÔMETRO	Um instrumento para medir a energia radiante.
SALDO DE RADIAÇÃO	Energia disponível para os processos físicos e biológicos à superfície. Resultado do balanço de radiação, dado pela diferença entre a energia que chega à superfície (radiação solar incidente e radiação de ondas longas atmosféricas) e a energia que sai (radiação solar refletida e radiação de ondas longas emitida pela superfície).
SCP	Semi-Automatic Classification Plugin. É um complemento do QGIS que possibilita a classificação pixel a pixel, de forma semiautomática ou supervisionada de imagens, capturadas por diversos sensores/satélites.

Termo	Definição
SIG ou GIS	Sistema de Informação Geográfica: equipamentos e meios tecnológicos para se estudar o espaço terrestre. Os SIGs resultam da combinação entre três tipos de tecnologias distintas: o sensoriamento remoto, o GPS e o geoprocessamento.
SLUG TEST	É uma técnica de ensaio, geralmente executada em poços de pequeno diâmetro, piezômetros ou trechos de sondagens isolados por obturadores. O ensaio é realizado pela variação instantânea do nível de água no interior de um poço.
SPT	Standart Penetration Test ou Ensaio de Sondagem à Percussão. É a determinação dos tipos de solo em suas respectivas profundidades de ocorrência; a posição do nível d'água; e os índices de resistência à penetração (N) a cada metro.
TOMOGRAFIA GEOELÉTRICA	Método geofísico da eletrorresistividade - baseia-se na determinação da resistividade aparente do substrato a partir da resposta ao fluxo de uma corrente elétrica.
UMIDADE RELATIVA	A relação entre a pressão do vapor e a pressão do vapor.
VAZÃO	Volume de água num determinado período.
VELOCIDADE DO VENTO	Razão entre a distância percorrida pelo ar e o tempo necessário para percorrê-la.

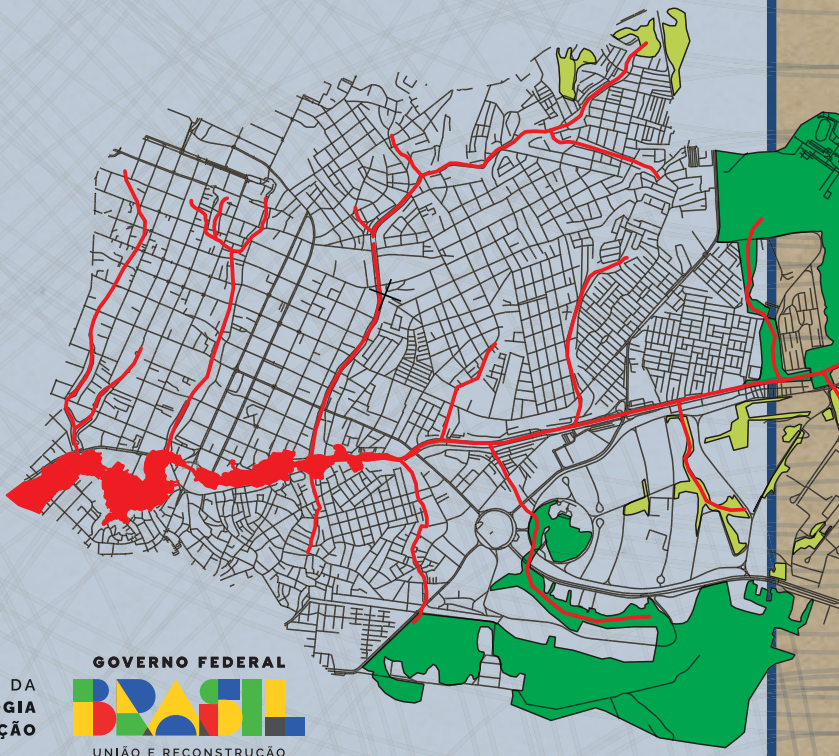
Revisão, editoração e impressão

EDITORA SCIENZA

Rua Juca Sabino, 21 – São Carlos, SP | (16) 9 9285-3689

www.editorascienza.com.br | gustavo@editorascienza.com

EM MEADO DE 2019, O INPA E A SAMSUNG APRESENTARAM O PROJETO IETÉ, COM OBJETIVO DE "IMPLANTAR UMA REDE DE MONITORAMENTO AMBIENTAL COM FOCOS NA GESTÃO DE RESÍDUOS DE EFLUENTES DA BACIA HIDROGRÁFICA DO EDUCANDOS – MANAUS – AM". NESSA PARCERIA, TÊM-SE DE UM LADO A UNIÃO, POR MEIO DO MINISTÉRIO DA CIÊNCIA, TECNOLOGIA, INOVAÇÕES E COMUNICAÇÕES - MCTIC, POR INTERMÉDIO DO INSTITUTO NACIONAL DE PESQUISAS DA AMAZÔNIA - INPA COM FINALIDADE DE REALIZAR O ESTUDO CIENTÍFICO, GERAR E DISSEMINAR CONHECIMENTOS E TECNOLOGIA, E CAPACITAR RECURSOS HUMANOS PARA O DESENVOLVIMENTO DA AMAZÔNIA BRASILEIRA. DO OUTRO LADO, A SAMSUNG ELETRÔNICA DA AMAZÔNIA LTDA (SEDA-P (M)), EMPRESA INSTALADA NO POLO INDUSTRIAL DE MANAUS (PIM), BENEFICIÁRIA DOS INCENTIVOS FISCAIS ADMINISTRADOS PELO CONSELHO DE ADMINISTRAÇÃO DA SUFRAMA (CAS), QUE ESTÁ SUJEITA AS OBRIGAÇÕES RELATIVAS AOS INVESTIMENTOS EM PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (P&D), CONFORME ESTABELECIDO NO ART. 2º, DA LEI Nº 8.387, DE 1991, REGULAMENTADA PELO DECRETO Nº 6.008, DE 2006 E COM NOVA REDAÇÃO DADA PELA LEI Nº 13.674, DE 2018. AMBAS DEVIDAMENTE CREDENCIADO NO COMITÊ DAS ATIVIDADES DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO (CAPDA), CONSTITUINDO-SE ESTÁ SITUAÇÃO, COMO PILAR FUNDAMENTAL PARA FIRMAR UM TERMO DE COOPERAÇÃO TÉCNICO-CIENTÍFICA, OBJETIVANDO REPASSE DE RECURSOS FINANCEIROS AO INPA, NO SENTIDO DE QUE SEJAM REALIZADOS OS INVESTIMENTOS EM P&D DA EMPRESA DO PERÍODO E RESPECTIVA EXECUÇÃO DE PROJETOS.



MINISTÉRIO DA
CIÊNCIA, TECNOLOGIA E INOVAÇÃO

GOVERNO FEDERAL
BRASIL
UNIÃO E RECONSTRUÇÃO

Programa de Grande Escala da Biosfera-Atmosfera na Amazônia
The Large Scale Biosphere-Atmosphere Research Program in the Amazon

Projeto Ieté

SAMSUNG