

UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO
ESCOLA DE ENGENHARIA DE SÃO CARLOS

MÁRIO BERNI DE MARQUE

Engenharia Ambiental na EESC/USP: estruturação curricular do curso aplicado
em estudo de caso sobre saneamento rural no assentamento Nova São Carlos

São Carlos

2021

MÁRIO BERNI DE MARQUE

Engenharia Ambiental na EESC/USP: estruturação curricular do curso aplicado
em estudo de caso sobre saneamento rural no assentamento Nova São Carlos

Monografia apresentada ao Curso de
Engenharia Ambiental, da Escola de
Engenharia de São Carlos da Universidade de
São Paulo, como parte dos requisitos para
obtenção do título de Engenheiro Ambiental.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo Zaiat

São Carlos

2021

AUTORIZO A REPRODUÇÃO E DIVULGAÇÃO TOTAL OU PARCIAL DESTE TRABALHO, POR QUALQUER MEIO CONVENCIONAL OU ELETRÔNICO, PARA FINS DE ESTUDO E PESQUISA, DESDE QUE CITADA A FONTE.

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Prof. Dr. Sérgio Rodrigues
Fontes da EESC/USP

D372e	De Marque, Mário Berni Engenharia ambiental na EESC/USP : estruturação curricular do curso aplicado em estudo de caso sobre saneamento rural no assentamento Nova São Carlos / Mário Berni De Marque; orientador Marcelo Zaiat. -- São Carlos, 2021. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) -- Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2021. 1. Engenharia ambiental. 2. Ensino - pesquisa - extensão. 3. Saneamento rural. 4. Tratamento de esgoto sanitário. 5. Educação ambiental. I. Título.
-------	---

FOLHA DE JULGAMENTO

Candidato(a): **Mario Berni de Marque**

Data da Defesa: 29/11/2021

Comissão Julgadora:

Resultado:

Marcelo Zaiat (Orientador(a))

Aprovado

Valeria Guimarães Silvestre Rodrigues

Aprovado

Marcel Fantin

Aprovado



Prof. Dr. Marcelo Zaiat

Coordenador da Disciplina 1800091- Trabalho de Graduação

DEDICATÓRIA

*Dedico este trabalho a
todas as pessoas que lutam por uma
universidade pública, gratuita e de
qualidade.*

AGRADECIMENTOS

Às cidadãs e aos cidadãos do estado de São Paulo, que financiam a Universidade de São Paulo, em prol de toda a sociedade.

Às moradoras e aos moradores do assentamento Nova São Carlos, por todo apoio e participação ao longo deste anos de atuação em conjunto com o GEISA.

Às e aos integrantes do GEISA, grupo que deu base para este trabalho e para minha formação, como pessoa, cidadão e engenheiro ambiental.

Ao professor Marcelo Zaiat, pela orientação deste trabalho de graduação e pelo exemplo de pessoa e profissional.

Às e aos docentes do curso de Engenharia Ambiental, as e os quais propiciaram minha formação como profissional.

A todas e todos da sala 016, pelos momentos incríveis, risadas, apertos, festas e amizade ao longo desses anos.

Ao alojamento e sua autogestão, que me receberam de braços abertos.

À galera da república Barracão, por todos os momentos incríveis que passamos juntos e ao pessoal da república Horta Feliz, pela amizade e momentos juntos.

E, especialmente, à minha família, por todo apoio e carinho em todos os momentos do meu caminho.

“A universidade escolhe, ela própria, os seus grandes momentos, sem sujeição aos relógios telúricos, nem aos cronômetros do mercado ou do Estado. Este reencontro é um desses momentos, destinado a celebrar a vontade comum da renovação e da continuidade. É isso mesmo o que significa pertencer a uma geração e é essa a grande distinção da universidade, pois ela reúne homens e mulheres de idades diversas, todos dedicados a viver o seu tempo e a interpretá-lo.”

Milton Santos (1992)

RESUMO

DE MARQUE, M. B. **Engenharia ambiental na EESC/USP**: estruturação curricular do curso aplicado em estudo de caso sobre saneamento rural no assentamento Nova São Carlos. 2021. Monografia (Trabalho de Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

A Engenharia Ambiental surgiu pela necessidade de incorporar o viés ambiental em projetos e ações com intuito de fortalecer a sustentabilidade. Neste ponto, a Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo criou este curso em 2002, o qual foi estruturado em disciplinas temáticas ao longo dos 5 anos, sendo elas: Interfaces e ecossistemas, Caracterização, Impactos ambientais, Ações mitigadoras e Gestão ambiental. Desta forma, foi aplicado a grade curricular do curso de Engenharia Ambiental em um estudo de caso no assentamento Nova São Carlos, com o para uma análise comparativa entre diferentes tecnologias de tratamento de esgoto sanitário. Assim, os objetivos deste trabalho são dois: propiciar à comunidade do assentamento Nova São Carlos, um quadro comparativo de diferentes tecnologias para tratamento do esgoto sanitário; e um retorno às e aos docentes e discentes do curso de Engenharia Ambiental, com um exemplo em que pode ser utilizado a estruturação do curso em um projeto/caso real de aplicação. Assim, o primeiro capítulo foi abordado o tema Engenharia Ambiental, de forma mais ampla e com enfoque no curso oferecido pela EESC/USP e a importância dos pilares da universidade (ensino, pesquisa e extensão). O segundo capítulo traz a caracterização geral, ambiental e social do assentamento, com intuito de conhecer a área de atuação. O terceiro capítulo elenca possíveis impactos ambientais, com relação ao saneamento (drenagem pluvial, resíduos sólidos, abastecimento de água e esgoto sanitário) que podem ser observados no local. O quarto capítulo compila 5 formas diferentes de realizar o tratamento de esgoto sanitário gerado (sistema centralizado, banheiro seco, tanque séptico sequencial, filtro anaeróbio e tanque de evapotranspiração). O quinto capítulo busca refletir sobre como levar os resultados obtidos neste trabalho para as moradoras e moradores do assentamento, através de uma estruturação de cartilha. Assim, foi possível elaborar o quadro comparativo entre as tecnologias e gerar reflexões sobre a importância da Engenharia Ambiental e como a estruturação do curso pode ser aplicado em um estudo de caso.

Palavras-chave: Engenharia Ambiental. Ensino-pesquisa-extensão. Saneamento rural. Tratamento de esgoto sanitário. Tecnologia social.

ABSTRACT

DE MARQUE, M. B. **Environmental engineering at EESC/USP**: curriculum structuring of the course applied in a case study on rural sanitation in the Nova São Carlos settlement. 2021. Monografia (Trabalho de Graduação) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2021.

Environmental Engineering emerged from the need to incorporate the environmental bias in projects and actions to strengthen sustainability. At this point, the São Carlos School of Engineering of the University of São Paulo created the course in 2002, which was structured in thematic subjects over the 5 years, such as: Interfaces and ecosystems, Characterization, Environmental impacts, Mitigation actions and Management environmental. Thus, the curriculum of the Environmental Engineering course was applied in a case study in the Nova São Carlos settlement, with the purpose of a comparative analysis between different sanitary sewage treatment technologies. Thus, the objectives of this work are two: to provide the community of the Nova São Carlos settlement with a comparative picture of different technologies for the treatment of sanitary sewage; and a return to the professors and students of the Environmental Engineering course, with an example in which the structuring of the course can be used in a project/case of real application. Thus, the first chapter addressed the topic of Environmental Engineering, in a broad way and with a focus on the EESC/USP's course and the importance of the university's pillars (teaching, research, and extension). The second chapter brings the general, environmental, and social characterization of the settlement to get to know the area of operation. The third chapter lists possible environmental impacts, concerning sanitation (rainfall drainage, solid waste, water supply, and sanitary sewage) that can be observed at the site. The fourth chapter compiles 5 different ways of performing the generated sanitary sewage treatment (centralized system, dry toilet, sequential septic tank, anaerobic filter, and evapotranspiration tank). The fifth chapter seeks to reflect on how to take the results obtained in this work to the settlement's residents through the structuring of a booklet. Thus, it was possible to draw up a comparative framework between the technologies and generate reflections on the importance of Environmental Engineering and how the structuring of the course can be applied in a case study.

Keywords: Environmental engineering. Teaching-research-extension. Rural sanitation. Sanitary sewage treatment. Social technology.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Fluxograma com a integração vertical entre as disciplinas temáticas e elementos para a relação horizontal entre as disciplinas do semestre/ano.....	35
Figura 2 – Fluxograma com a articulação entre as temáticas do curso de engenharia ambiental da EESC/USP.....	36
Figura 3 - Localização do Assentamento Nova São Carlos.....	45
Figura 4 – Assentamento Nova São Carlos	46
Figura 5 – Divisão das macrozonas do município de São Carlos.....	47
Figura 6 - Divisão das zonas do município de São Carlos.....	48
Figura 7 - Localização e abrangência da APA Corumbataí	50
Figura 8 - Modelo geológico regional	51
Figura 9 - Geologia São Carlos	52
Figura 10 -Pedologia São Carlos	53
Figura 11 -Topografia São Carlos	54
Figura 12 - Declividade no município de São Carlos	55
Figura 13 - Sub-bacias São Carlos.	56
Figura 14 - Temperatura (em vermelho, à esquerda) e pluviosidade (em azul, à direita) média mensal de São Carlos/SP.....	57
Figura 15 - Estratificação do cerrado	58
Figura 16 - Remanescentes de vegetação no município de São Carlos/SP	59
Figura 17 - Foto aérea do assentamento Nova São Carlos, com destaque às áreas de preservação	60
Figura 18 - Uso e ocupação do assentamento Nova São Carlos em 2020	62
Figura 19 - Comparação de hidrogramas de zonas rurais e urbanas.....	70
Figura 20 - Estratificação da água pluvial no solo.....	71
Figura 21 – Curvas de nível no assentamento Nova São Carlos	90
Figura 22 – Divisão do assentamento Nova São Carlos.....	91
Figura 23 – Sistema de coleta de esgoto no Nova São Carlos.....	92
Figura 24 – Estação de tratamento de esgoto no Nova São Carlos	93
Figura 25 – Reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo e escoamento vertical com recirculação da fase líquida	96
Figura 26 – Representação do banheiro seco	99
Figura 27 – Tanques sépticos sequenciais por caixa d'água.....	101
Figura 28 - Tanques sépticos sequenciais por bombonas	103
Figura 29 - Representação do tanque séptico seguido por filtro anaeróbio	104
Figura 30 – Representação do tanque de evapotranspiração	106

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Síntese dos critérios para comparação das tecnologias de tratamento de esgoto	109
Quadro 2 – Quadro-resumo das tecnologias de tratamento de esgoto sanitário	112

LISTA DE TABELAS

Tabela 1 - Área em hectares para cada classe e uso do solo em São Carlos nos anos de 2019 e 2020	619
Tabela 2 - Caracterização das águas de vaso sanitário	86
Tabela 3 - Estimativa da caracterização do esgoto gerado no assentamento Nova São Carlos	94
Tabela 4 - Estimativa de tratamento no estudo de caso	97
Tabela 5 - Estimativas de custo para construção do sistema	97
Tabela 6 - Custos de manutenção do sistema	98
Tabela 7 - Comparação entre terra vegetal comercial e compostos de banheiro seco da ONG Veracidade e do assentamento Nova São Carlos	100

SUMÁRIO

Introdução	25
1 Capítulo 1 – Engenharia Ambiental	27
1.1 A Engenharia Ambiental	27
1.2 O Curso na EESC/USP	33
1.3 Ensino-pesquisa-extensão	39
1.4 Trabalho de Graduação	41
2 Capítulo 2 – Interfaces e Caracterização	44
2.1 Aspectos gerais	44
2.2 Aspectos físicos	51
2.3 Aspectos sociais	62
3 Capítulo 3 – Impactos Ambientais e sociais	68
3.1 Drenagem pluvial	70
3.2 Resíduos sólidos.....	73
3.3 Abastecimento de água	77
3.4 Esgotamento sanitário	81
4 Capítulo 4 – Ações mitigadoras	84
4.1 Esgoto sanitário	84
4.2 Sistema centralizado.....	88
4.3 Banheiro seco	98
4.4 Tanques sépticos sequenciais.....	100
4.5 Tanque séptico e filtro anaeróbio	104
4.6 Tanque de evapotranspiração	105
4.7 Comparação das tecnologias	107
5 Capítulo 5 – Gestão	114
5.1 Educação ambiental	115
5.2 Tópicos para cartilha.....	117
Conclusão	120
Referências	123

Introdução

No curso de Engenharia Ambiental da Escola de Engenharia de São Carlos, é exigido que as e os estudantes apresentem o Trabalho de Graduação para conclusão do curso e, segundo o Plano Político-Pedagógico do Curso de Graduação em Engenharia Ambiental (PPCGEA, 2017)¹, este trabalho pode ter ênfase à pesquisa, paralelamente com atividades de extensão.

Desta forma, o presente trabalho foi elaborado com base na experiência do aluno no curso oferecido de Engenharia Ambiental e com o envolvimento junto ao Grupo de Estudos e Intervenções Socioambientais (GEISA). Assim, este trabalho foi realizado seguindo a estrutura curricular do PPCGEA para o curso, com tema de saneamento rural, especificamente com base na comparação entre tecnologias de tratamento de esgoto.

Desta forma, o trabalho possui 2 objetivos gerais:

- Como retorno à comunidade do Assentamento Nova São Carlos, este trabalho busca fornecer uma análise comparativa de diferentes meios e tecnologias de tratamento de esgoto sanitário; e
- Demonstrar às e aos docentes e discentes, e para a coordenação do curso de Engenharia Ambiental, como a estruturação do curso de Engenharia Ambiental pode ser aplicada em um projeto, neste caso, sobre saneamento rural, concomitantemente apresentar, através das qualidades e dificuldades deste trabalho, as qualidades e dificuldades presentes no curso da Engenharia Ambiental da EESC/USP

¹ Em março de 2021, o documento foi atualizado como nome “Projeto Pedagógico do Curso de Graduação Em Engenharia Ambiental”. Como o atual capítulo foi elaborado no ano de 2020, a discussão baseou-se no projeto vigente no momento da escrita, que é o projeto de 2017. Não foi possível atualizar as discussões devido os prazos de entrega do Trabalho de Graduação, entretanto, ressalta-se que há vários pontos em comum entre as versões de 2017 e 2021, com algumas atualizações quanto às extracurriculares presentes na engenharia ambiental e com mais detalhes sobre a estrutura curricular do curso e as disciplinas temáticas.

O primeiro objetivo é mais claro no corpo do texto, visto que o assentamento Nova São Carlos é o objeto de estudo. Neste lugar, buscou-se realizar uma caracterização ambiental e social, entender os impactos atrelados ao saneamento básico no assentamento, elencar diferentes tecnologias para o tratamento do esgoto sanitário e estruturar uma possível cartilha para apresentação do que foi estudado neste trabalho de graduação.

O segundo objetivo deste trabalho é apresentar às e aos docentes do curso de Engenharia Ambiental, como a estruturação do curso pode auxiliar em trabalhos com temáticas ambientais – neste caso, referente ao tratamento de esgoto em zona rural – de caracterização (compreensão do local), impactos (vulnerabilidade do local), ações mitigadoras (o que fazer para eliminar, reduzir, mitigar, remediar impactos ambientais negativos) e gestão ambiental (organização dos dados obtidos, acompanhamento dos impactos e verificação do cumprimento dos objetivos de qualidade ambiental estabelecidos). Desta forma, busco elencar potencialidades e lacunas que o curso possui, observados ao longo do texto (diretamente, com comentários e análises, ou indiretamente, pelo grau de aprofundamento e subtemas abordados no trabalho).

Desta forma, o trabalho foi elaborado em capítulos, seguindo as seguintes temáticas propostas no PPCGEA para cada ano do curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP, com exceção do Capítulo 1, que teve como objetivo a contextualização do “momento e do local” deste trabalho e apresentar a importância dos pilares Ensino, Pesquisa e Extensão na formação das e dos discentes.

1 CAPÍTULO 1 – ENGENHARIA AMBIENTAL

Neste segundo capítulo, me dedico a reflexões sobre o curso de Engenharia Ambiental, quanto sua elaboração, função e aplicação. Em seguida, busco refletir sobre o curso oferecido pela Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo (EESC/USP), pela perspectiva pessoal e parcial, bem como os apoios em quais a universidade - logo, o curso também - se sustenta, retratando sua indissociabilidade entre o ensino, pesquisa e extensão.

1.1 A Engenharia Ambiental

Para iniciar a discussão sobre Engenharia Ambiental e sua função, são abordadas, algumas definições dadas ao termo “engenharia”, trazendo uma leve perspectiva do que pode ser sua função atual:

“A engenharia é a profissão na qual o conhecimento das ciências naturais e matemáticas, obtidas pelo estudo, a experiência, e a prática, é aplicada com bom-senso, para desenvolver formas da utilização econômica dos materiais e forças da natureza, para o benefício da humanidade”, Accreditation Board for Engineering and Technology/ABET (1982);

“A engenharia é a prática da aplicação segura e econômica, das leis científicas que governam as forças e materiais da natureza, por meio da organização, o projeto e a construção, para o benefício geral da humanidade” (LINDSAY, 1920);

“A engenharia é a aplicação profissional e sistemática, da ciência para a utilização eficiente dos recursos naturais para produzir riqueza” (HOOVER; FISH, 1950).

O primeiro conceito de engenharia serve como base aos subsequentes, fornecendo a ideia de manipulação das energias e matérias presentes na natureza, com uso da ciência, para benefício da sociedade. Observa-se que a engenharia utiliza como ferramenta os conhecimentos científicos, utilizando os elementos naturais para servir a humanidade, demonstrando seu elo com as ciências básicas.

Para além de servir às necessidades da humanidade, Hoover e Fish (1950) apontam os recursos naturais² como fonte para geração de riquezas. Com isso, é possível observar que a engenharia pode ser usada para gerar bens, produtos, com valor atribuído, a partir dos recursos naturais “à disposição” do ser humano. Neste ponto, fica mais evidente a superiorização do humano com relação a natureza, como domador do meio, ao seu benefício, distanciando-se da própria natureza.

Em 1982, o Comitê de Certificação de Engenharia e Tecnologia dos Estados Unidos, ressaltou a ligação da engenharia com as ciências (naturais e exatas) em prol da humanidade, quando a utilização dos materiais e forças da natureza é aplicada com bom-senso.

Neste ponto, é possível observar que a engenharia traz consigo as ideias de proporcionar benefícios à sociedade, utilizando meios naturais, com conhecimentos adquiridos pela ciência. Contudo, nos três conceitos aqui trazidos, vale ressaltar que não foram abordados os limites da manipulação da natureza pelo ser humano a seu benefício ou para produção de riquezas, possibilitando, inclusive, o desprezo e desrespeito com a natureza, observando-a “de fora” e sem tratá-la como um sistema de relações complexas nas quais o próprio ser humano está envolvido.

Outro ponto a se debater, refere-se a quem a engenharia busca servir, visto que os conceitos mostram que a engenharia traz (ou deveria trazer) benefícios para toda a sociedade. Contudo, ao capitalizar os recursos, numa sociedade em que o capital toma o centro, não são levadas em consideração diversas problemáticas existentes na organização social – o que pode favorecer, amplificar e aprofundá-las.

O problema de não retratar e discutir os fatores abordados acima, é que tais aspectos ficam a critério (e à mercê) do indivíduo – enquanto profissional e cidadão – e/ou do sistema, os quais atuam na engenharia, em projetos, atividades, construções e afins, sendo sua visão e opinião (individual e/ou do sistema) implementadas e seus problemas solucionados³. Assim, essa mesma categoria de

² Para Venturi (2006), recurso natural pode ser entendido e definido como: “qualquer elemento ou aspecto da natureza que esteja em demanda, seja passível de uso ou esteja sendo usado pelo Homem, direta ou indiretamente, como forma de satisfação de suas necessidades físicas e culturais em determinado tempo e espaço”

³ Neste ponto, ressalta-se a importância de valores éticos envolvidos e aplicados na formação cidadã das e dos discentes, como dever e compromisso da universidade. Exalta-se que os

profissionais exercerá o limite do estresse ambiental aplicado ao meio e também sobre quais pessoas serão favorecidas, ou afetadas no processo de engenho.

Tal problema é impulsionado na sociedade ao observar que a grande maioria dos engenheiros e das engenheiras se situam nas classes sociais mais favorecidas – em diversos aspectos. Isso faz com que os “problemas sociais” que a engenharia busca solucionar, atenda apenas ao mesmo segmento das pessoas que ocupam tal cargo, por se tratar de problemas dessa classe da sociedade, ou seja, não inclui os problemas enfrentados pelas classes mais baixas por sua realidade não estar representada (nem pelos e pelas profissionais da engenharia e nem pelos conceitos).

Sabendo que a engenharia possui importante papel na gestão e na tomada de decisão das ações humanas no mundo moderno, os engenheiros e as engenheiras incumbidos de atuar em projetos, não olham de maneira sistemática, para todos os segmentos da sociedade, visto que a sociedade não está sendo retratada em sua totalidade nesta profissão⁴ (BONTEMPI JR., 2015; BRUNO, 1986; DAGNINO; NOVAES, 2008; NOBLE, 1977). Com o sistema definindo a formação das e dos profissionais da engenharia, a classe dominante vai buscar manter a estrutura a qual foi ensinada, pois é de seu interesse manter o caráter exploratório e favorecido perante outras pessoas.

Não é possível, e nem imaginável que o ser humano seja neutro em sua vivência, em seus estudos, nos seus afazeres e apenas aceite as condições impostas, “livre” de opiniões e posicionamentos políticos, sociais, econômicos e culturais (FREIRE, 1996). É evidente que as relações pessoais extrapolam o trabalho em si, ou seja, as relações que as pessoas de mesma classe social, ao atuar na mesma área, fortalecem o pensamento hegemônico da ideologia que carregam e mantém o sistema como tal. Rutkowski e Lianza (2004, p. 178) demonstram a relação da engenharia com a ideologia pessoal do (a) engenheiro (a):

Em cada escolha técnica está presente um olhar específico do(a) engenheiro(a) sobre a interação de seu “modelo”, seja com o mercado, com o

valores éticos são imprescindíveis, não apenas em questões sociais, mas também nas questões ambientais, abordando valores da sustentabilidade em ações e projetos que as e os profissionais atuarão após a passagem pela universidade.

⁴ Não apenas na Engenharia, mas também em diversas profissões das quais o mercado, o sistema e a classe social dominante são favorecidos ao manter o *status quo*.

Estado, com a sociedade, com o capital, com o trabalho, ou na relação entre eles. Seria lícito inferir que em cada projeto elaborado por um (a) engenheiro (a), estaria implícita – ou explícita – uma ideologia, expressa num modelo técnico, numa concepção de tecnologia ou numa política de gestão de pessoas e de relações de trabalho, baseadas em relações de poder estabelecidas e comumente aceitas, o que leva a que se conteste a possibilidade de uma suposta neutralidade técnica dos estudos sobre os processos de produção e do trabalho.

Segundo a lei de criação do curso superior de engenharia, o profissional de egresso deve ser:

o engenheiro, com formação generalista, **humanista, crítica e reflexiva**, capacitado a absorver e desenvolver novas tecnologias, estimulando a sua **atuação crítica e criativa** na identificação e resolução de problemas, considerando seus **aspectos políticos, econômicos, sociais, ambientais e culturais**, com **visão ética e humanística**, em atendimento às demandas da sociedade (BRASIL, 1966, p. 1).

As palavras importantes na visão deste autor, quanto a atuação profissional que dependem das referências, ideologias e julgamentos da pessoa, ou seja, o elo que liga o papel social do engenheiro com sua formação, estão destacadas. Neste ponto, é de extrema importância da ética humana e do pensar certo⁵ para agir frente às demandas sociais da população, se quisermos diminuir os problemas sociais como desigualdade, acesso às oportunidades, saúde, educação, dentre outros fatores. Assim, perguntas como “para que serve este projeto?”, “quem será beneficiado (a)?” “quem (ou o que) arcará com os impactos negativos?”, “há a devida representatividade na ação?”, “Quem está fazendo esse projeto?”, “quais são as classes que serão atingidas?”, dentre outras, podem e devem ser feitas para ajudar a guiar o papel social do trabalho aplicado a projetos, atividades e ações na sociedade.

Neste ponto, ressalta-se a relevância do sistema em selecionar os indivíduos que buscam manter os ideais do próprio sistema, que não questionam criticamente, que aceitam as mais drásticas atrocidades na vida de outra pessoa, com intuito de manter a situação do mesmo sistema, o qual o colocou nesta posição. Ou seja, a permanência e a manutenção do sistema estão ligadas à estrutura a qual a sociedade se estabeleceu, com indivíduos que não questionem o próprio sistema.

⁵ Paulo Freire descreve, em *Pedagogia da Autonomia* (1996), a ética referente aos direitos humanos essenciais à vida, reconhecendo a liberdade individual e suas limitações; e o pensar certo como ato humilde e consciente sobre a não-neutralidade das ações, ambos visando o bem-estar coletivo.

Similares e indispensáveis, outras perguntas podem ser feitas para o exercício do papel ambiental da engenharia como: “Onde será realizada a ação?”, “Como está o ambiente atualmente?”, “Qual a fauna deste local? A flora? O clima? O relevo?”, “Quanto é possível degradar o meio deste local para benefício da população? Vale o ônus que haverá?”, “Qual a fragilidade desse ecossistema? É possível mensurar?”. Com relação ao meio ambiente⁶, há inúmeras perguntas a serem feitas para guiar as ações humanas frente sua relação mútua com a natureza, entendendo que o ser humano faz parte do meio ambiente ao qual está inserido.

Ao retratar que o ser humano faz parte da natureza, deixa-se claro que os aspectos ambientais são de uso comum a todas as pessoas, tendo elas o direito ao seu acesso e o dever de conservá-lo para garantir sua qualidade e equilíbrio, como forma de ética ambiental para com o futuro da própria sociedade (AB'SABER, 2010; BARRERE, 1992; FRANCIS, 2016).

Contudo, já se sabe que as ações antrópicas e o uso dos recursos têm alterado o meio, ultrapassado os limites ambientais que a natureza pode suportar. Em *A safe operating space for humanity* (Um espaço operacional seguro para a humanidade) (ROCKSTRÖM *et al.*, 2009), desde a revolução industrial, foi notado o rápido crescimento populacional, bem como maior consumo de combustíveis fósseis, expansão da industrialização e agricultura, dentre outras ações humanas que tem aumentado o nível de estresse aplicado no meio ambiente. O mesmo estudo relata o rompimento dos limites que o ambiente consegue suportar com relação às mudanças climáticas, alteração do ciclo do nitrogênio e, em estado mais alarmante, com a perda de biodiversidade.

Na literatura, o tema abordado é amplamente discutido, retratando os impactos que o ser humano tem causado no meio ambiente, relacionando-os com problemáticas sociais desta forma de organização e sistema adotados (AQUINO; GARCIA, 2019; BORTOLOZZI; PEREZ FILHO, 2017; CALVACANTI, 1995; FERNANDES; SAMPAIO, 2008; FOLADORI, 1999; FONTOURA *et al.*, 2019;

⁶ A definição de meio ambiente adotada é de Art (1998) como sendo a “soma total das condições externas circundantes no interior das quais um organismo, uma condição, uma comunidade ou um objeto existe. O meio ambiente não é um termo exclusivo; os organismos podem ser parte do ambiente de outro organismo”.

FREITAS; MARQUES, 2019; NINIS; BILIBIO, 2012; SARTORI, 2006). Assim, fica evidente que a sociedade passa por uma crise socioambiental, atrelada ao modo de vida da população, ao individualismo, à cultura do consumismo, a visão distorcida sobre o meio ambiente (distinção entre ser humano e natureza), a desigualdade social e a negação da própria crise, agravando a problemática.

É preciso ter ciência da crise como um todo, a começar pela sua origem, na segregação do humano com a natureza, da maneira como foi “dominada”; a sua “manutenção”, ou seja, o que mantém essa crise constante na sociedade, pode ser observada pela perpetuação do pensamento antropocêntrico, pelo crescimento do sistema que alimenta a desigualdade social e o uso desenfreado dos recursos naturais.

Difundindo a ideia de direitos da natureza, Barbosa e Drummond (1994) explanam uma das linhas de pensamentos que abordam propostas de um novo tipo de relação entre os seres humanos e o mundo natural; o ecologismo biocêntrico. Nesta ideologia, mesmo aspectos que se denotam inovadores ou positivistas são deixados de lado – como “prevenção da crueldade contra animais”, “uso racional dos recursos naturais”, “preservação de espécies”, “combate à poluição” e “recuperação” – por apresentarem aspectos de centralidade ou superioridade da espécie humana no mundo, ao invés de ressaltar o todo (BARBOSA; DRUMMOND, 1994). Esta ideologia busca concatenar as relações existentes entre diversos elementos presentes no ecossistema terrestre e, em determinado ponto, aperfeiçoar a atual visão sobre o tema, de maneira abrangente e holística.

Guinando a discussão para o cenário brasileiro, no mesmo estudo, é relatada a baixa possibilidade do biocentrismo ganhar força em debates ambientalistas/ecológicos e em ações e práticas sociais ou políticas para o meio ambiente, visto que, para Barbosa e Drummond (1994), a postura ética e visão atual da relação humano-natureza, e mesmo humano-humano, não estão em ressonância com o proposto na ideologia.

Levando o exposto em consideração, para esta crise socioambiental, pode-se supor que as possíveis remediações e soluções a se propor, sejam soluções técnico-científico ou socioculturais.

Hardin (1980) em *The tragedy of the commons* (A Tragédia dos Comuns), traz em seu estudo uma discussão ampla e fundamentada neste tema, observando e ratificando que não há e nem haverá soluções técnicas, tecnológicas, científicas ou

“de engenharia” que resolverá por completo certas situações, problemas ou crises da sociedade, pois tais soluções se limitam ao modo de vida, de organização, de sistema econômico e cultural da mesma. Ou seja, as soluções técnicas podem auxiliar, socorrer, até remediar alguns problemas enfrentados, contudo, para combater a crise socioambiental instaurada, é necessário promover mudanças nos paradigmas da sociedade e seus componentes culturais, organizacionais, econômicos e sociais.

Sabendo que a ideologia intrínseca da engenheira ou do engenheiro também atua em seu trabalho, logo, a percepção dos limites que a natureza consegue suportar e as compreensões socioculturais da sociedade também ficam a critério da mesma ou do mesmo. Assim, para incluir os fatores socioambientais nesta área de atuação, observou-se a necessidade de instituir o profissional de Engenharia Ambiental, com intuito de desenvolver a ciência holística, métodos e tecnologias para melhor gestão do meio ambiente, uso sustentável de seus recursos e ações mitigadoras aos impactos antrópicos e, principalmente, com olhar crítico aos aspectos sociais, ambientais, econômicos, políticos e culturais da sociedade ao qual está inserido (MEDEIROS; OLIVEIRA; ROCHA, 2017; PINTO; CAMPOS; BARBOSA, 2004).

Em pedagogia da autonomia, Freire (1996 p. 75) retrata aspectos importantes para exercer a prática pedagógica-progressista que, ao meu ponto de vista, é perfeitamente aplicada também à prática da Engenharia Ambiental, adequando ao contexto do presente trabalho:

É preciso que saibamos que, sem certas qualidades ou virtudes como amorosidade, respeito aos outros, tolerância, humildade, gosto pela alegria, gosto pela vida, abertura ao novo, disponibilidade à mudança, persistência na luta, recusa aos fatalismos, identificação com a esperança, abertura à justiça, não é possível a prática pedagógica-progressista [no caso, da Engenharia Ambiental], que não se faz apenas com ciência e técnica.

1.2 O Curso na EESC/USP

A (o) engenheira (o) ambiental pode atuar, segundo a lei, em ações de administração, gestão e ordenamento ambientais e ao monitoramento e mitigação de impactos ambientais, seus serviços afins e correlatos, podendo exercer as atividades de 1 a 14 e 18 do art. 1º da Resolução nº 218, de 29 de junho de 1973 (CONFEA, 1973; CONFEA, 2000), que são:

Atividade 01 - Supervisão, coordenação e orientação técnica;

Atividade 02 - Estudo, planejamento, projeto e especificação;
 Atividade 03 - Estudo de viabilidade técnico-econômica;
 Atividade 04 - Assistência, assessoria e consultoria;
 Atividade 05 - Direção de obra e serviço técnico;
 Atividade 06 - Vistoria, perícia, avaliação, arbitramento, laudo e parecer técnico;
 Atividade 07 - Desempenho de cargo e função técnica;
 Atividade 08 - Ensino, pesquisa, análise, experimentação, ensaio e divulgação técnica; extensão;
 Atividade 09 - Elaboração de orçamento;
 Atividade 10 - Padronização, mensuração e controle de qualidade;
 Atividade 11 - Execução de obra e serviço técnico;
 Atividade 12 - Fiscalização de obra e serviço técnico;
 Atividade 13 - Produção técnica e especializada;
 Atividade 14 - Condução de trabalho técnico;
 Atividade 15 - Condução de equipe de instalação, montagem, operação, reparo ou manutenção;
 Atividade 16 - Execução de instalação, montagem e reparo;
 Atividade 17 - Operação e manutenção de equipamento e instalação;
 Atividade 18 - Execução de desenho técnico. (CONFEA, 1973, p.1)

Para exercer tal função, o curso de Engenharia Ambiental foi criado pelo MEC (portaria n. 1693 de 5 de dezembro de 1994), com parecer da Comissão de Especialistas no Ensino de Engenharia de Secretaria da Educação Superior (SESu/MEC), estabelecendo como formação profissional geral, as matérias de: Geologia; Climatologia; Hidrologia; Ecologia Geral e Aplicada; Hidráulica; Cartografia; Recursos Naturais; Poluição Ambiental; Impactos Ambientais; Sistemas de Tratamento de Água e de Resíduos; Legislação e Direito Ambiental; Saúde Ambiental; Planejamento Ambiental; e Sistemas Hidráulicos e Sanitários (BRASIL, 1994)

Em 2002, a Escola de Engenharia de São Carlos (EESC) - que é uma das unidades de ensino, pesquisa e extensão da Universidade de São Paulo (USP) - oficializou a criação do curso de Engenharia Ambiental, com ingresso de alunas e alunos para compor a primeira turma em 2003.

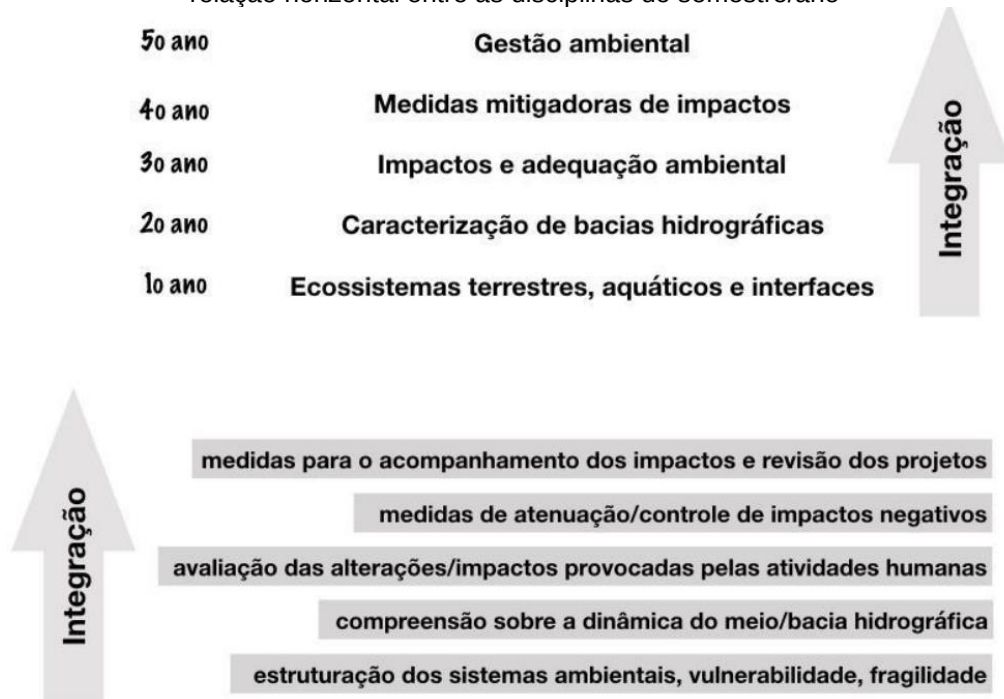
Segundo o PPCGEA (2017)⁷, a estrutura curricular do curso prevê disciplinas teóricas e práticas, estágio, trabalho de conclusão de curso e atividade acadêmicas, científicas e culturais, com período de 5 anos para realização. A estratégia didático-pedagógica busca valorizar os conhecimentos trabalhados de forma a interligar as disciplinas realizadas durante o semestre e por entre os anos e,

⁷ Ressalta-se ao leitor ou à leitora que a discussão abordada neste trabalho se refere ao projeto do curso de 2017, entretanto, está em vigência o projeto de 2021, com atualizações sobre algumas discussões no documento.

para isso, foram adotados eixos temáticos a serem abordados ao longo do curso de forma sequencial, sendo eles: Ecossistemas aquáticos, terrestres e interfaces, caracterização das atividades existentes e propostas, impactos e adequação ambiental, ações mitigadoras de impactos ambientais e gestão ambiental.

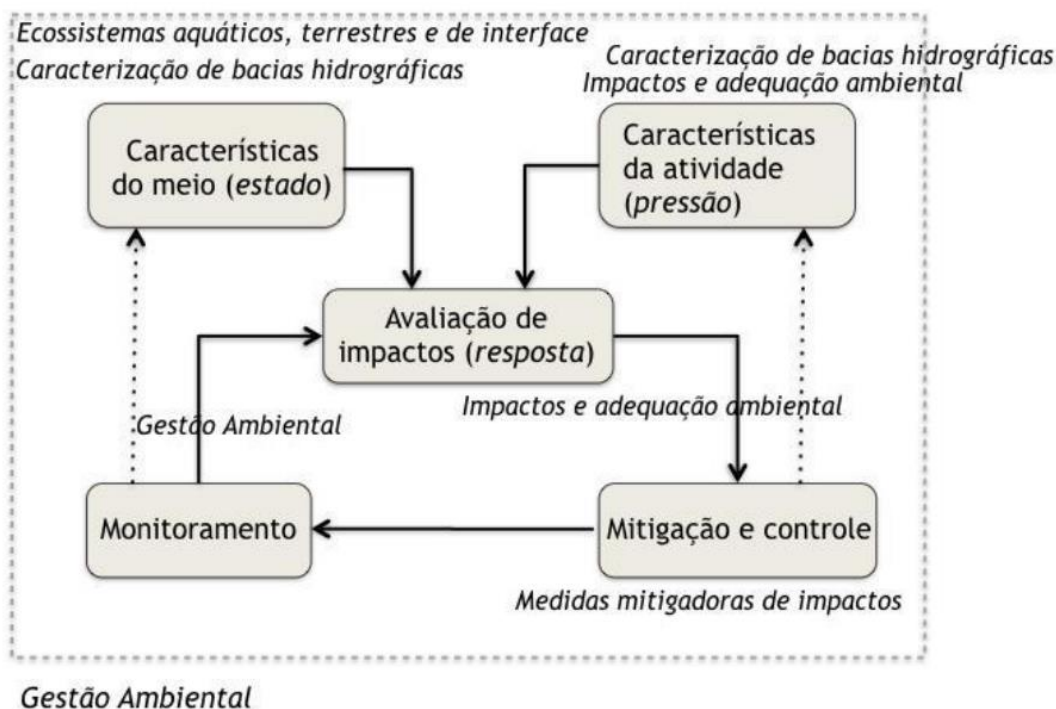
Para abordar os eixos temáticos citados, em cada ano são oferecidas disciplinas responsáveis pela integração das outras matérias de maneira “horizontal” e “vertical”. A integração horizontal consiste na relação entre a disciplina temática e as demais oferecidas no mesmo ano e a integração vertical busca estabelecer o entendimento dado ao curso, ligando do primeiro ao quinto ano, como apresentado nos fluxogramas na Figura 1 e na Figura 2.

Figura 1 – Fluxograma com a integração vertical entre as disciplinas temáticas e elementos para a relação horizontal entre as disciplinas do semestre/ano



Fonte: PPCGEA (2021)

Figura 2 – Fluxograma com a articulação entre as temáticas do curso de engenharia ambiental da EESC/USP



Fonte: PPCGEA (2021)

A sequência das disciplinas temáticas oferecidas ao longo dos anos são: Ecossistemas Aquáticos, Terrestres e Interfaces I e II; Caracterização Ambiental: Bacia Hidrográfica I e II; Impactos e Adequação Ambiental I e II; Ações Mitigadoras de Impactos Ambientais I e II e Sustentabilidade e Gestão Ambiental.

Segundo o PPCGEA, como atividades complementares à grade, os discentes podem participar de grupos que auxiliam a formação pessoal e profissional ao longo dos anos, incluindo a Semana de Engenharia Ambiental (SEA), o Grupo de Estudos e Intervenções Socioambientais (GEISA) e a Secretaria Acadêmica Pró-Ambiental (SAPA).

A SEA é um evento organizado pelas alunas e pelos alunos da Engenharia Ambiental, com intuito de promover debates, discussões e abordar temas relacionado ao curso e, também, de interesses dos e das discentes, promovendo palestras, minicursos, mesas-redondas, visitas técnicas, eventos culturais e científicos.

O GEISA é um grupo de extensão universitária criado em 2009 por alunas e alunos da Engenharia Ambiental com intuito de preencher certas lacunas da grade curricular do curso. O grupo realiza uma função extremamente importante na formação das alunas e dos alunos, no fortalecimento do pilar da Extensão

Universitária⁸, pouco trabalhado na estrutura da própria USP (discentes, docentes, administradores). Assim, através de atividades diversas, o grupo busca estabelecer a comunicação e atuação com a comunidade, atuando junto com os setores da sociedade mais vulneráveis.

A SAPA é responsável pela representação discente dos alunos e das alunas da Engenharia Ambiental, frente às demais instâncias da Escola e de outras instituições. Também é responsável pela organização de eventos culturais, políticos e sociais aos discentes e docentes, sendo o elo de ligação entre setores da universidade. Por se tratar de um grupo de alunos e alunas atuando em prol do curso, a SAPA se torna um espaço de crescimento pessoal e profissional para formação do cidadão crítico e da cidadã crítica em sua atuação profissional.

Além dos supracitados que constam no PPCGEA, foi criado recentemente uma empresa júnior da Engenharia Ambiental (ENGAJ), que tenta atuar com a extensão universitária, entretanto, com enfoque em empresas e projetos voltados ao mercado e seus interesses⁹.

É notável que a comunidade universitária da USP é elitista e, este fato, se aprofunda ainda mais na empresa júnior, neste caso. Assim como destacado no item anterior deste trabalho, a empresa júnior é um exemplo de como o sistema busca manter o *status quo*, prevalecendo e mantendo a hegemonia criada pelo próprio sistema, através da ideologia e conceitos abordados pelas pessoas do grupo.

Desta forma, estes grupos auxiliam a formação integral da (o) aluna (o), da maneira proposta pelo PPCGEA como perfil de egresso¹⁰ das e dos discentes; esses grupos abordam e trazem questões e aspectos de suma relevância, que são

⁸ Segundo o artigo 207 da Constituição Federal de 1988, as Universidades brasileiras: “obedecerão ao princípio de indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão” e, como demonstram Moita e Andrade (2009), os 3 pilares (Ensino, Pesquisa e Extensão) dão suporte para instituição exercer sua função ética, política e social, dando sentido a universidade.

⁹ Ressalta-se que é o único grupo extracurricular da Engenharia Ambiental atualmente com processo seletivo como forma de ingresso ao grupo. Julgo importante trazer este fato pois, são alunos que decidem a entrada de outros alunos, favorecendo ou limitando a experiência que cada discente tem com o curso e, conseqüentemente, sua formação.

¹⁰ Pelo PPCGEA, o perfil de egresso que o curso busca é: “um engenheiro com sólida formação técnico-científica e profissional geral, que o capacitará a uma atuação crítica e reflexiva, de caráter inter e multidisciplinar, tanto científica como tecnológica ou sociológica, em relação ao meio ambiente e consciente de seu papel na sociedade.”

bem discutidas no PPCGEA, porém, a grade curricular ainda não consegue abranger.

A formação complementar das e dos discentes, vejo como os demais aspectos que também são importantes, porém, não essenciais para formação da maneira que o PPCGEA descreve. Dentre eles estão as atividades extracurriculares como semanas acadêmicas, esportes, atividades culturais, empresas juniores, grupos de cunho social, universitário e/ou cultural, dentre outros grupos/atividades.

Analisando o PPCGEA, foi possível observar a preocupação dos autores em retratar a formação crítica e consciente no papel da (o) engenheira (o) ambiental, visto sua importância na consolidação desta profissão na sociedade. Contudo, pela experiência deste autor no curso¹¹, observo a dificuldade de implementar os aspectos que o PPCGEA aborda, devido a diversos fatores, entre eles, o desequilíbrio no debate de abordagens transformadoras do atual modelo de desenvolvimento, a falta de discussão com abordagens sociológicas, o afastamento de demandas de populações em vulnerabilidade e a aproximação das demandas empresariais e do mercado, o perfil dos alunos e das alunas de ingresso e dos professores e das professoras - discentes e docentes da Engenharia Ambiental, em sua maioria, pertencentes às classes sociais mais elevadas¹² - e pela própria instituição de ensino, priorizando áreas, pesquisas e atuação “economicamente” mais favoráveis, nas variadas instâncias.

Para além de internamente à universidade, fatores externos também exercem influência na formação de alunos e alunas, como cortes nas verbas das universidades e instituições de fomento à pesquisa, descredibilidade na ciência e na universidade pública, dentre outros.

Como último tópico abordado, trago como exemplo a disciplina de Climatologia, que, segundo a lei vista, é de formação profissional geral para as engenheiras e os engenheiros ambientais, antes oferecida no 2º ano do curso.

¹¹ Ressalto que esta é uma opinião própria, da minha experiência. Outras pessoas que passaram pelo curso em outros tempos ou que realizaram outras atividades, com outros olhares, podem (e muito provavelmente tem) outra opinião sobre.

¹² Quanto aos e às discentes, foi observado uma mudança nos últimos anos, desde que as cotas foram implementadas no curso. O perfil dos e das docentes não é conhecido em “dados” da universidade.

Contudo, por não haver docente disponível que poderia ministrá-la e pela falta de perspectiva de contratação de docente especialista na área, essa disciplina foi excluída da grade curricular e parte do seu conteúdo transferido para outras disciplinas – acontecendo similar com outras matérias obrigatórias e algumas matérias optativas eletivas que as alunas e os alunos poderiam cursar –, o que pode causar deficiências na formação dos e das discentes.

Outro exemplo referente às disciplinas é sobre a pouca abordagem aos temas de legislação e direito ambiental – excluída da grade –, instalações prediais, saneamento rural e educação ambiental que, em meu ponto de vista, são muito importantes para formação da engenheira e do engenheiro, não apenas por estar presente na lei que zela por estes temas, ou e também, por sua relevância na atuação profissional.

Entretanto, a sólida formação nas ciências básicas, nas disciplinas profissionalizantes (engenharia) e nas específicas (ambiental), constroem o engenheiro ambiental capacitado e habilitado a exercer sua função técnica e profissional. Assim, cabe às e aos formadas e formados, se posicionarem e descobrirem qual será sua área de atuação, tanto profissional quanto social.

1.3 Ensino-pesquisa-extensão

A universidade escolhe, ela própria, os seus grandes momentos, sem sujeição aos relógios telúricos, nem aos cronômetros do mercado ou do Estado. Este reencontro é um desses momentos, destinado a celebrar a vontade comum da renovação e da continuidade. É isso mesmo o que significa pertencer a uma geração e é essa a grande distinção da universidade, pois ela reúne homens e mulheres de idades diversas, todos dedicados a viver o seu tempo e a interpretá-lo (SANTOS, 1992, p.1).

Com o parágrafo exposto acima, Santos (1992) inicia seu trabalho “1992: a redescoberta da Natureza” refletindo sobre a autonomia da universidade, distinguindo-a dos interesses do mercado ou do Estado; a diversidade de sua comunidade, referindo às diferentes idades e gêneros que a compõem; e o interesse mútuo dos seus integrantes em conhecer e interpretar o momento que vivem.

Tal pensamento auxilia na construção e formação de uma universidade democrática e consciente de sua função na sociedade. Consolidar a autonomia da universidade pública promove sua livre e distinta atuação frente a agentes de interesses (governos, partidos, credos religiosos, empresas, finanças, dentre outros) para que seus benefícios sejam de proveito para a sociedade como um todo, visto

que, como uma instituição social, a qual, inserida nas questões sociais e políticas da sociedade, busca a democratização da geração e do acesso ao conhecimento (CHAUÍ, 2003).

A responsabilidade da universidade, além da supracitada, consiste na prática criativa de cultura e ciência para promover conscientização e criticidade à sociedade, requisitos estes indispensáveis ao bom desempenho de sua função social, sendo esta tarefa, como aborda Ribeiro (1975) em *A Universidade Necessária*, de difícil exequibilidade, ainda mais em países subdesenvolvidos onde este aspecto se mostra mais necessário.

Mello, Filho e Ribeiro (2009)¹³, no trabalho de título “Por uma universidade socialmente relevante” exemplifica e mostra a relevância, o papel e a atuação da Universidade no contexto brasileiro, discutindo seu modelo e desafios na consolidação como uma instituição pública.

Assim, para auxiliar a execução do papel social da universidade, instituiu-se o eixo fundamental da universidade brasileira formado por Ensino, Pesquisa e Extensão, também referenciados como pilares que devem sustentar a universidade brasileira (BRASIL, 1988).

Além de apresentada na lei, a relação dos pilares é essencial na atuação da universidade, sendo uma de suas maiores virtudes e expressão de compromisso para com a sociedade, orientando a qualidade da produção universitária como instituição autônoma, competente e ética (MARTINS, 2012; MOITA; ANDRADE, 2009).

Com intuito de conceituar os termos - e não os dissociar -, Rays (2003) aborda os pilares da universidade sendo:

- A *Extensão*, como processo educativo da práxis dialética, é o elo de comunicação e interação entre a universidade e todos os setores na sociedade, aos quais a universidade deve direcionar os benefícios por ela gerados. A implementação da extensão requer concepções de Ensino e Pesquisa direcionados a própria extensão universitária para que esta seja efetiva, fortificando a indissociabilidade entre eles.

¹³ Recomenda-se às leitoras e aos leitores deste trabalho a leitura deste artigo, o qual exprime de forma clara e motivadora as questões ligadas à universidade.

- A partir do contato e interação com problemas efetivos da sociedade, obtendo e definindo temas e problemáticas, a *Pesquisa*, como atividade de geração e difusão de conhecimentos, pode provocar a necessidade de transformar seus resultados (acadêmicos ou não) em ações cognitivas e práticas, levando a novos conhecimentos e reflexões em relação às questões abordadas.
- A fim de atualizar o conceito, dantes tido como transmissão e reprodução de conhecimento do seu detentor ao aprendiz, o *Ensino* se baseia no desenvolvimento do aluno e da aluna, com ações e abordagens políticas, sociais, culturais e éticas, através de procedimentos didáticos que promovam o aprendizado críticos dos conteúdos. Essa concepção de ensino, por si só, abre diversas oportunidades de interações concomitantes com os outros pilares da universidade, demonstrando a indissociabilidade entre eles.

Moita e Andrade (2009) apontam as deficiências entre as relações duais entre os três pilares da universidade. Para os autores:

- Ensino e extensão, que se preocupa com as problemáticas sociais, mas carece de pesquisa para progresso das soluções tecno-científica;
- O ensino e pesquisa promovem avanços rápidos em debates e tecnologias, com risco de retroceder nas questões ética-política-social conferida na geração de tal conhecimento; e
- A articulação entre extensão e pesquisa, deixando de lado a dimensão formativa, componente primordial da função da universidade.

Deste modo, fica evidente que o relacionamento e a indissociabilidade entre ensino, pesquisa e extensão é fundamental para a universidade exercer seu papel político-cultural perante a sociedade na formação técnica-social das e dos discentes.

1.4 Trabalho de Graduação

Tendo como base a estrutura curricular apresentada neste capítulo, propõe-se transpor os eixos temáticos do curso para o presente trabalho de graduação, ou seja, abordar a caracterização e ecossistemas, os impactos, a ação mitigadora e a gestão ambiental em um tema específico.

Para compreensão do local de estudo, o tópico de Caracterização (próximo capítulo) foi dividido entre: aspectos gerais, com localização geográfica do assentamento, como é abordado no plano diretor da cidade e outras informações; aspectos físicos, com informações sobre relevo, pedologia, clima, vegetação, dentre outras características do município e do assentamento; e aspectos sociais, pela interpretação dos diagnósticos quantitativos e qualitativos realizados pelo GEISA no assentamento.

Neste capítulo, as temáticas dos 2 primeiros anos são abordadas, visto a interação entre as os conceitos de interfaces do ecossistema e o levantamento de dados e conhecimentos da área de estudo.

Em seguida, no capítulo de Impactos, foram elencados os impactos ambientais com relação ao saneamento em geral em áreas rurais. Por conta da pandemia, não foi possível visitar o local de estudo para aprofundamento do estudo, desta forma, foi buscado na literatura os possíveis e mais frequentes impactos da drenagem pluvial, resíduos sólidos, abastecimento de água e esgoto sanitário em áreas rurais e periurbanas.

No capítulo de Ações Mitigadoras, foram elencadas 5 formas de tratamento de esgoto para as residências do assentamento, sendo elas: sistema centralizado, banheiro seco, tanques sépticos sequenciais, filtro anaeróbio e tanque de evapotranspiração. Assim, foi elaborada uma tabela com as tecnologias estudadas para melhor compreensão e comparação das diferentes formas de tratar o esgoto sanitário.

Por fim, no capítulo de Gestão, foi discutido sobre a importância da educação ambiental e sua abrangência no tema saneamento rural. Neste ponto, foram elencados tópicos para a elaboração de uma cartilha com intuito de apresentar os resultados obtidos neste trabalho para as e os moradores do assentamento Nova São Carlos.

Desta forma, busca-se atender um dos objetivos deste trabalho que é elaborar uma comparação entre alternativas de tratamento do esgoto sanitário gerado nas residências do Assentamento Nova São Carlos e, assim, abordar os pilares da universidade com a temática de saneamento rural.

Como segundo objetivo deste trabalho, busca-se fornecer para os e as discentes e docentes do curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP, uma visão

de como a estrutura do curso pode ser aplicada a um tema específico, ligando os temas e disciplinas fornecidas ao longo da graduação.

É evidente que esta é apenas uma pequena visão de um estudante, dentre tantas outras visões e maneiras de vivenciar e compreender o curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP. Além de ser apenas uma visão, esta visão possui a parcialidade do autor, por conta da vivência com o curso, pelas experiências com as extracurriculares e pelo viés pessoal formado – e em formação – ao longo do curso e dos anos.

2 CAPÍTULO 2 – INTERFACES E CARACTERIZAÇÃO

O terceiro capítulo é dedicado à realização do levantamento de dados e elaboração da caracterização ambiental e social sobre a área onde se encontra o assentamento Nova São Carlos. Ressalta-se que os “aspectos ambientais” e os “aspectos sociais” estão inteiramente relacionados e são indissociáveis. Contudo, faz-se necessário a divisão para auxiliar na compreensão e aprofundamento em cada aspecto.

A etapa de caracterização é fundamental na gestão e planejamento do espaço, pois é através dela que se torna possível determinar as vocações, suscetibilidades e obter informações importantes dos fatores socioambientais (SOUZA, 2000)

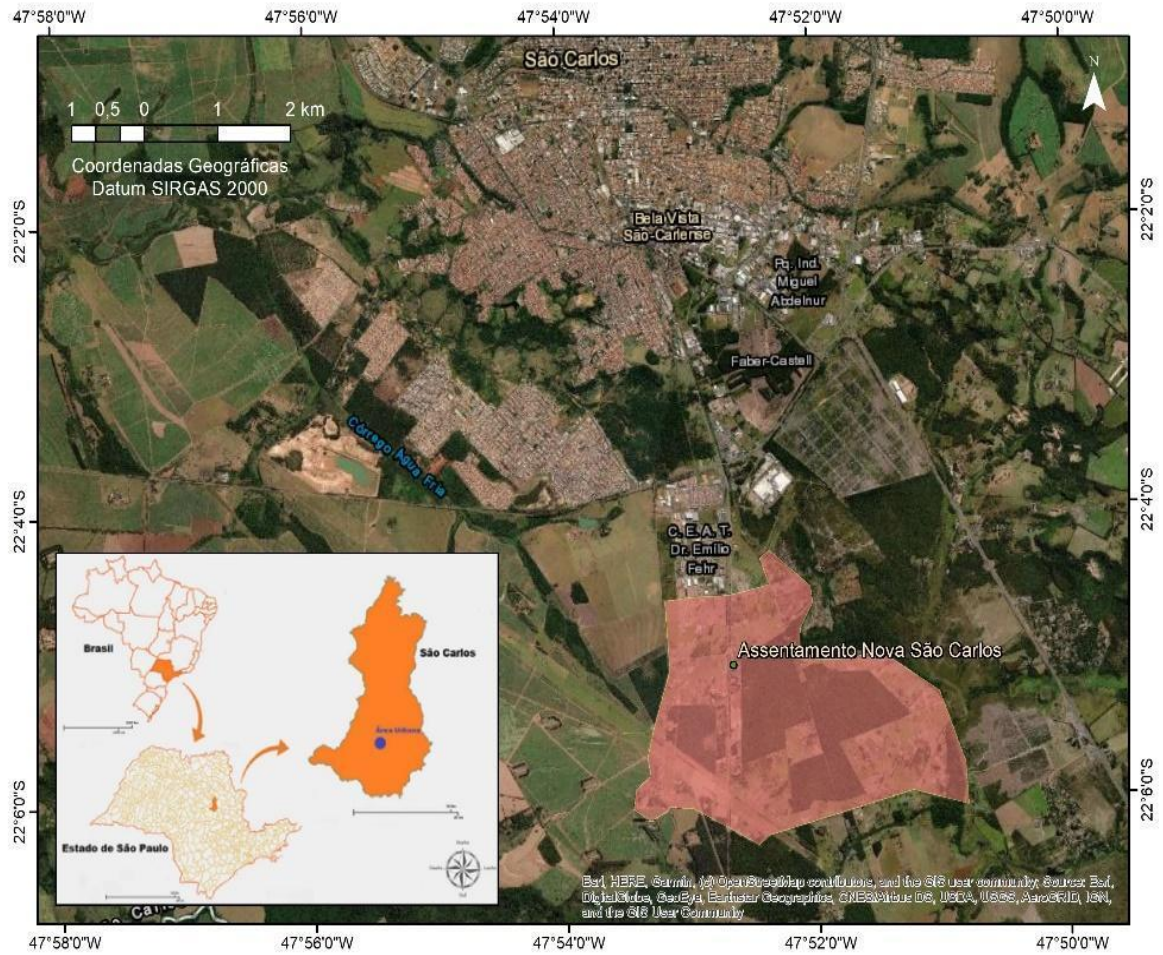
Para Ab'saber (1969), não há possibilidades de realização de um planejamento para uma área, sem a realização de estudos prévios, mesmo que básicos, sobre questões geográficas, históricas, econômicas e sociológicas do local.

Desta forma, busca-se localizar e compreender certos aspectos da cidade de São Carlos, em específico, o local onde se encontra o assentamento Nova São Carlos.

2.1 Aspectos gerais

O Assentamento de Reforma Agrária Nova São Carlos (Figura 3 e 4) se localiza na região sul do município de São Carlos, interior do estado de São Paulo (coordenadas 22°5'20"S e 47°52'14"W), próximo à rodovia Washington Luís (SP-310) e cruzado pela rodovia Domingos Innocentini (SPA - 149/215).

Figura 3 - Localização do Assentamento Nova São Carlos



Fonte: De Marque et al. (2021)

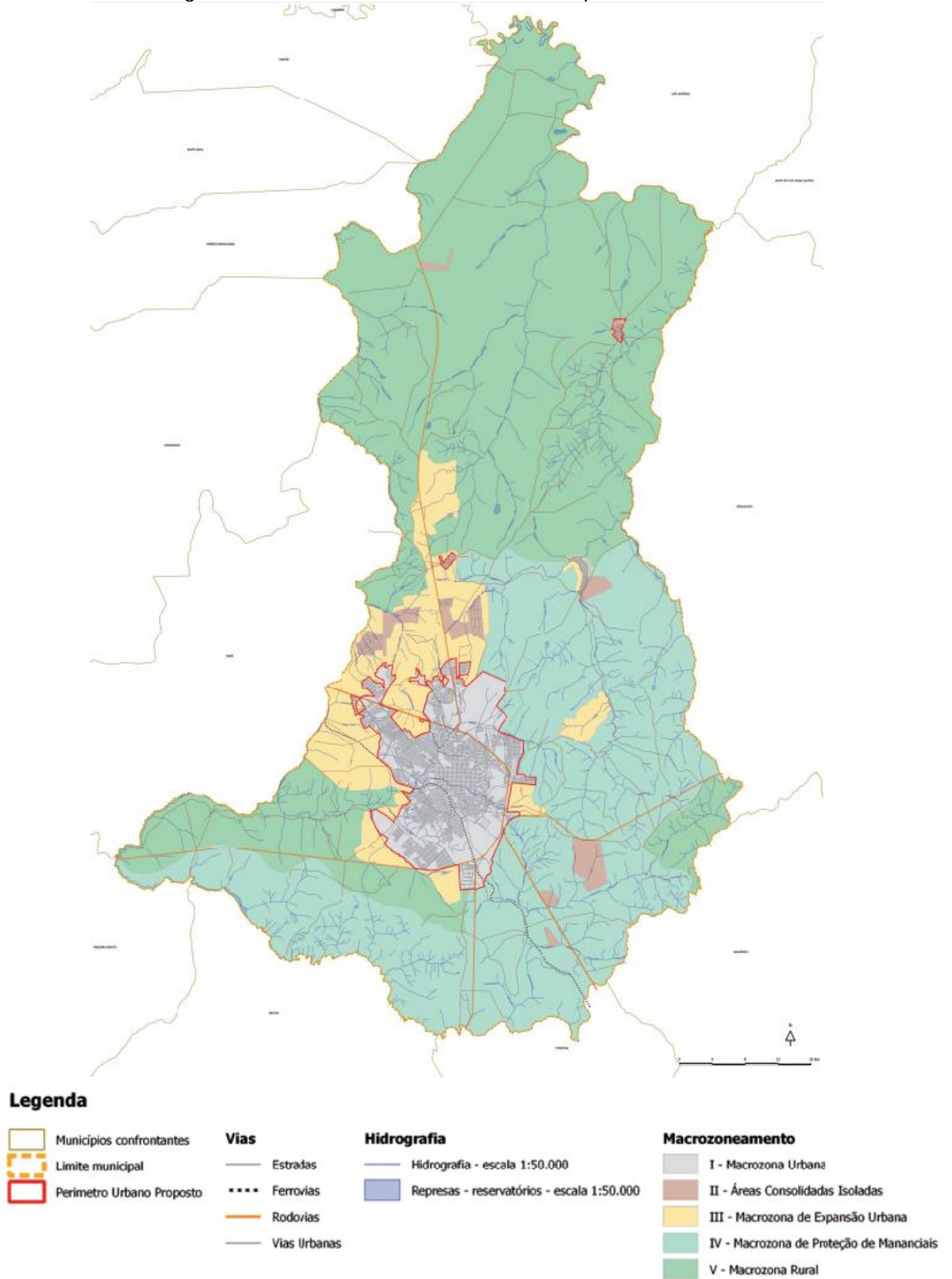
Figura 4 – Assentamento Nova São Carlos



Fonte: Instituto Nacional de Colonização e Reforma Agrária - INCRA (2010)

No Plano Diretor de São Carlos (2016), o assentamento está localizado na macrozona IV de Proteção dos Mananciais e com fronteiras à macrozona V Rural, macrozona III de Expansão Urbana e macrozona I Urbana (próximo às zonas 4 e 5B) (Figura 5)

Figura 5 – Divisão das macrozonas do município de São Carlos



Fonte: São Carlos (2016)

IV - Inserir as áreas preservadas da Fazenda Capão das Antas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação (SNUC) e no Sistema Estadual de Unidades de Conservação (SEUC), visando à busca de incentivos;

V - Proteger e recuperar as Áreas de Preservação Permanente, em atendimento ao que rege a legislação federal e estadual, bem como em conformidade com a Lei Municipal 13.944, de 12 de dezembro de 2006, e suas alterações.

Por ser classificada com Área de Interesse da Agricultura Familiar e Camponesa, o artigo 114 da mesma lei aborda como diretrizes e objetivos à área:

I – Garantir e incentivar a produção agrícola de pequena e média escala de forma a contribuir com a segurança alimentar e com a geração de emprego e renda no Município;

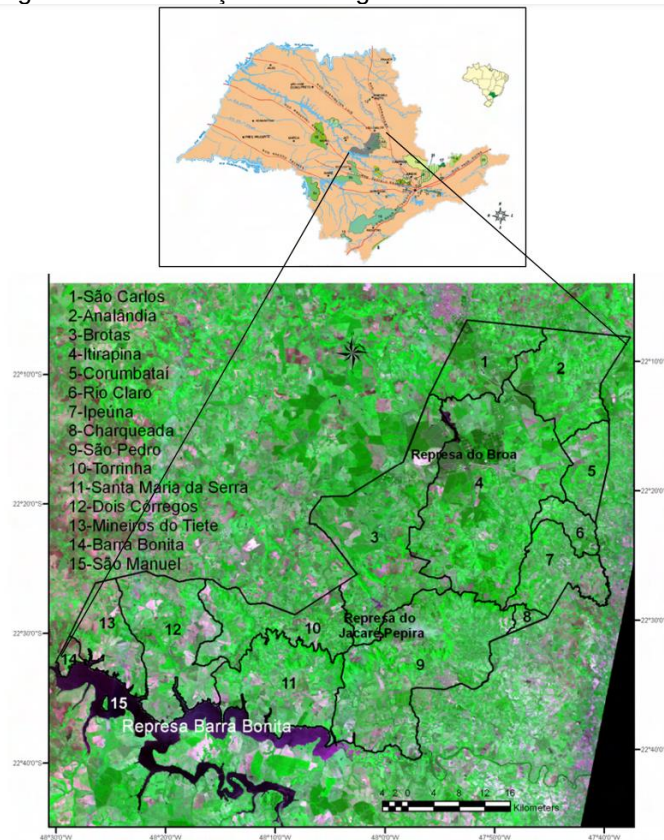
II – Compatibilizar o uso agrícola e a proteção ambiental, incentivando o desenvolvimento de técnicas agroecológicas e agroflorestais de produção;

III – Estimular o cooperativismo e o associativismo na produção, beneficiamento e comercialização dos produtos;

IV – Instituir programas e políticas agrícolas municipais de forma integrada com os programas e as políticas estadual e federal; V – promover a proteção e a recuperação de nascentes, corpos d'água e APPs.

Além de se enquadrar nestas zonas, o assentamento também está inserido na Área de Proteção Ambiental (APA) Corumbataí-Botucatu-Tejupá, a qual é subdividida em 3 perímetros distintos que levam o seu nome. A APA Corumbataí, criada em 1983 pelo Decreto Estadual nº 20.960, possui tamanho de 272.692 ha (2.727 Km²) e abrange cidades como São Carlos, Analândia, Brotas, Itirapina, Corumbataí, Ipeúna, Rio Claro, Dois Córregos, Torrinha, Mineiros do Tietê, Barra Bonita, Santa Maria da Serra, São Pedro, Charqueada e São Manuel (Figura 7).

Figura 7 - Localização e abrangência da APA Corumbataí



Fonte: CORVALÁN (2009)

Segundo o Sistema Nacional de Unidade de Conservação da Natureza, apresentado pela lei 9.985 de 2000, Área de Proteção Ambiental (APA) é classificada como Unidade de Uso Sustentável, sendo esta Unidade de Conservação (UC) que apresenta menores restrições para uso e ocupação do solo, quando comparada às outras UCs presentes na lei. A APA é definida pelo artigo 15 como:

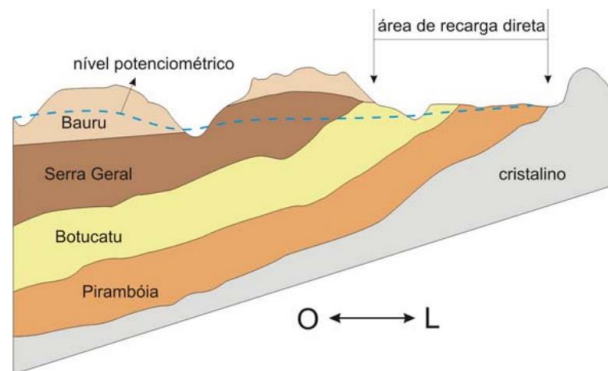
área em geral extensa, com um certo grau de ocupação humana, dotada de atributos abióticos, bióticos, estéticos ou culturais especialmente importantes para a qualidade de vida e o bem-estar das populações humanas, e tem como objetivos básicos proteger a diversidade biológica, disciplinar o processo de ocupação e assegurar a sustentabilidade do uso dos recursos naturais (BRASIL - SISTEMA NACIONAL DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO DA NATUREZA, 2000, p.1).

A APA Corumbataí foi criada com intuito de proteger as Cuestas Basálticas, morros testemunhos, recursos hídricos superficiais, presença de remanescente de vegetação nativa, patrimônio arqueológico e, principalmente, por ser uma área de recarga do aquífero Guarani, manancial este muito utilizado na região (DENÚBILA, 2013), como será visto ao longo deste capítulo.

2.2 Aspectos físicos

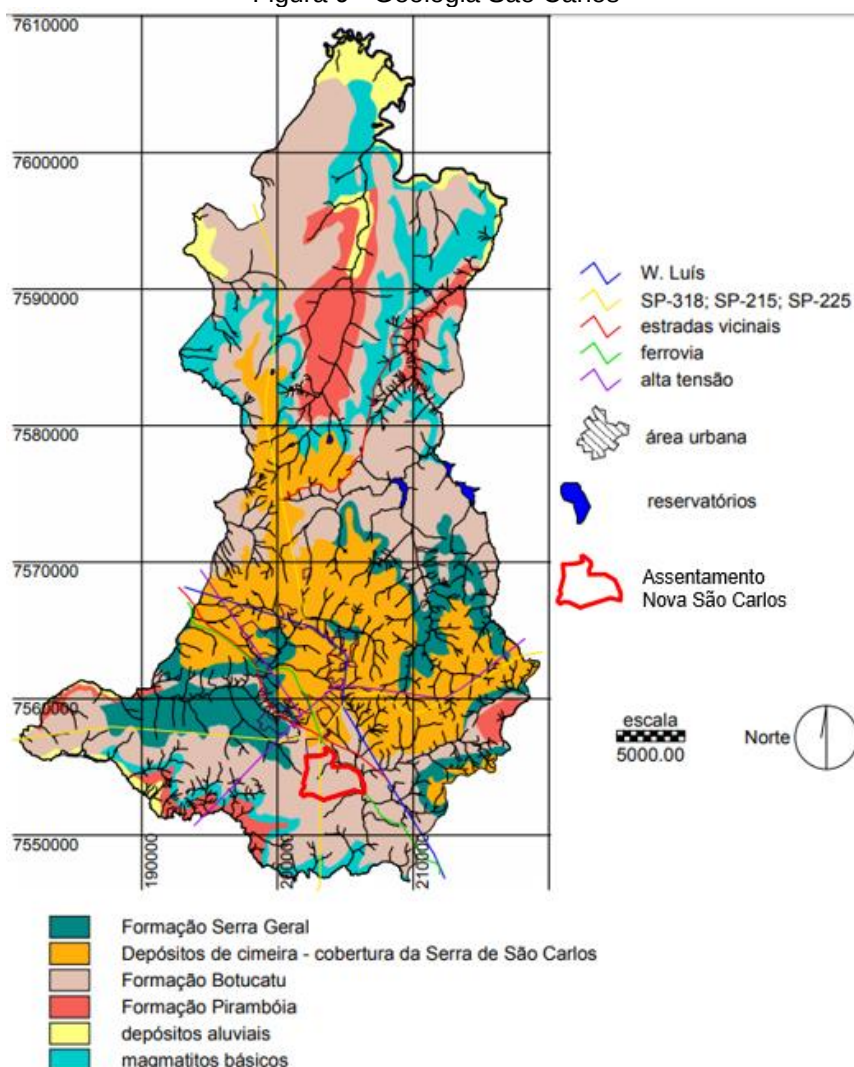
A região de São Carlos é constituída, em sua maior parte, por materiais geológicos das formações Pirambóia, Botucatu, Serra Geral, Bauru e Itaqueri (Figura 8 e Figura 9) (FAGUNDES, 2010; ZUQUETTE; SILVA JR.; GARCIA, 2008), sendo a primeira correspondendo em 60% da área superficial (NISHIYAMA; ZUQUETTE, 1994).

Figura 8 - Modelo geológico regional



Fonte: Fagundes (2010)

Figura 9 - Geologia São Carlos



Fonte: *apud* Montañó (2002) ¹⁴

O assentamento Nova São Carlos está sobreposto à formação Botucatu, a qual, segundo Alvares (2000), pode possuir até 150 metros de espessura, e são atribuídas características como solos arenosos, situando os arenitos na granulometria de areia fina (maioria) e média (ocasionalmente), constituído por quartzo, Caulinita e gipsita (FAGUNDES, 2010), com tonalidades variando entre amarelo claro e avermelhado. Segundo Nishyama (1991), outra característica marcante do arenito Botucatu é a formação de escarpas verticais a subverticais.

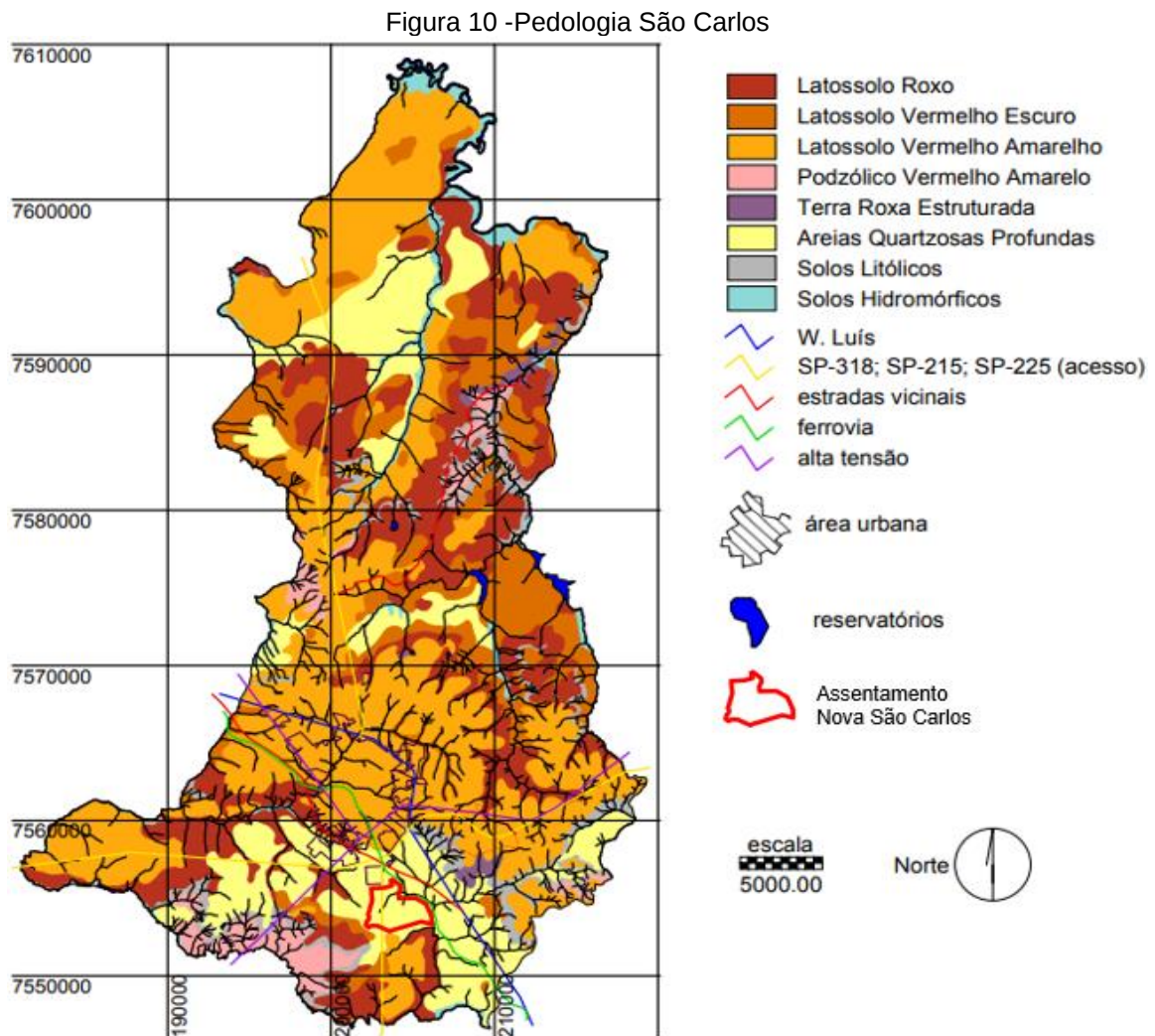
A formação Serra Geral se caracteriza pelos derrames basálticos, diabásios e arenito eólicos interderrames, com solo variando de argiloso a silte argiloso raso

¹⁴ Adaptado de Departamento de Águas e Energia Elétrica – DAEE (2001)

contendo, principalmente, quartzo, caulinita, gipsita, esmectitas e limonita (ALVARES, 2000; FAGUNDES, 2010)

As formações Itaqueri Bauru e Pirambóia são caracterizadas por serem predominantemente arenosas, variando sua granulometria entre de 10 a 63% de areia, contendo, principalmente, quartzo, caulinita, gipsita e esmectitas (ALVARES, 2000; FAGUNDES, 2010; PALMA, 2004).

Segundo Montaño (2002) e Palma (2004), as classes dos latossolos são predominantes no município, sendo os principais do tipo vermelho amarelo e vermelho escuro (Figura 10). Entretanto, o assentamento Nova São Carlos está localizado na classificação de solos de Areias Quartzosas Profundas, onde também se encontram os bairros Cidade Aracy e Antenor Garcia.



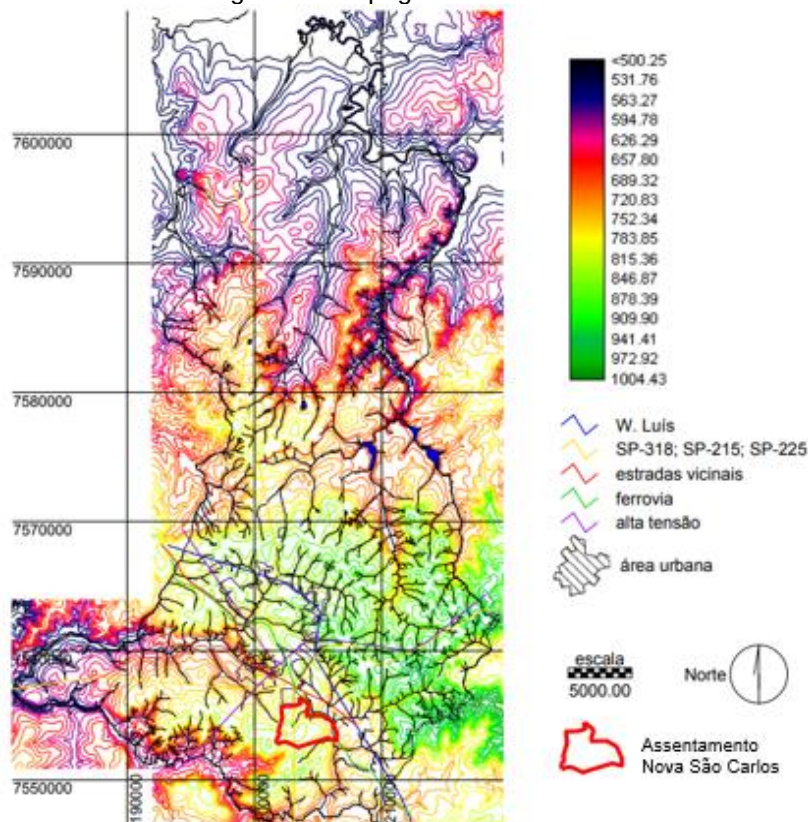
Fonte: *apud* Montaño, (2002) ¹⁵

¹⁵ Adaptado de Instituto Agrônomo – IAC (2001)

Tal litologia de Areias Quartzosas Profundas enquadrada na área de estudo, segundo Costa, Dupas e Pons (2012) possui alta erodibilidade devido suas características com elevados teores de areia e quartzo (>70%) em sua composição. Gonçalves (1986) ressalta que esta localidade é ambientalmente frágil por se tratar de uma área de recarga do aquífero profundo Botucatu, manancial este muito utilizado para abastecer o município.

A cidade de São Carlos se encontra no Planalto Residual de São Carlos, com altitudes variando entre 600 a 900m e com declividades que variam de 2 a 20% em sua maioria como mostram as Figura 11 e Figura 12 (INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS - IPT, 1981). Nota-se que na área do assentamento em estudo, as declividades variam, em média, de 4 a 27%.

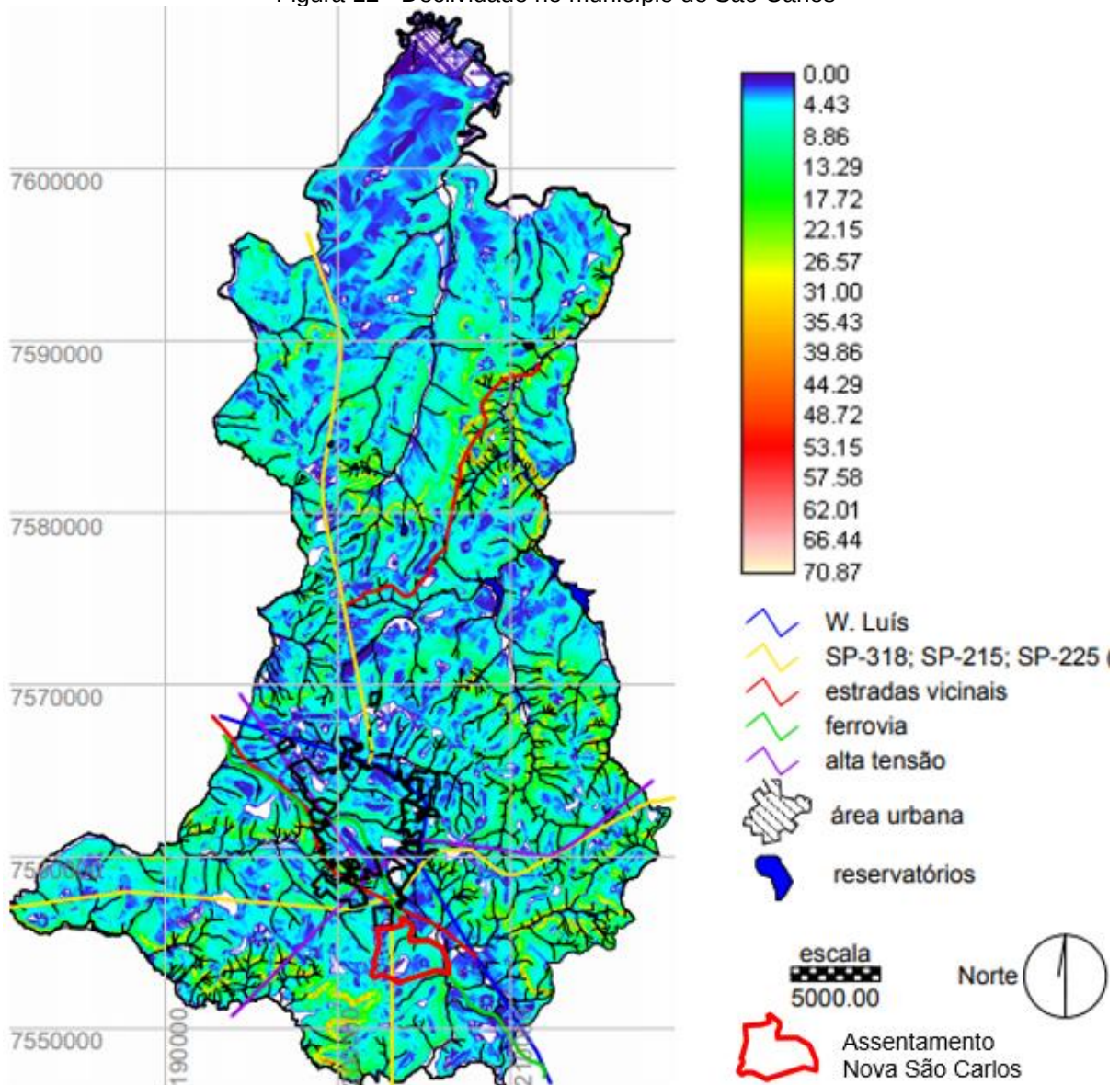
Figura 11 -Topografia São Carlos



Fonte: *apud* Montañó (2002) ¹⁶

¹⁶ Adaptado de Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística -IBGE (2001)

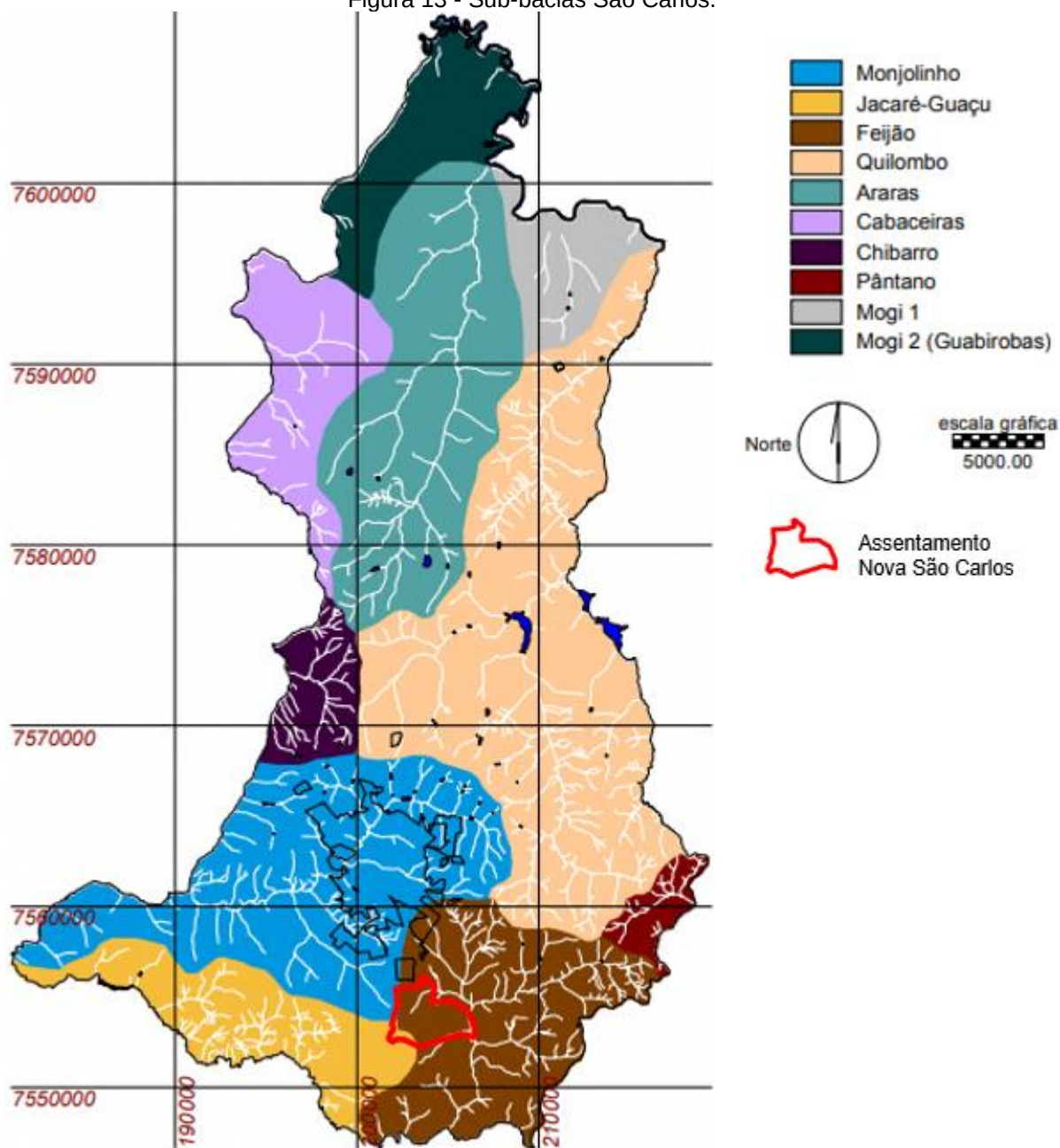
Figura 12 - Declividade no município de São Carlos



Fonte: adaptado de Montañó (2002)

O município de São Carlos se encontra dividido entre as bacias hidrográficas de Mogi-Guaçu, ao norte, e pela Tietê-Jacaré, ao sul, a qual possui 4 sub-bacias (Chibarro, Monjolinho, Jacaré-Guaçu e Feijão), como mostra a Figura 13 (MONTAÑO, 2002). Observa-se que o assentamento Nova São Carlos está inserido na borda noroeste da sub-bacia do Feijão, ao sul do município, banhado pelo Córrego São João e seus afluentes, o qual se junta com o Córrego São José, formando o ribeirão da Laranja-azeda (ou do Jacaré) e este deságua no ribeirão do Feijão, no limítrofe municipal (Plano Diretor do Município de São Carlos – PDMSC, 2016).

Figura 13 - Sub-bacias São Carlos.



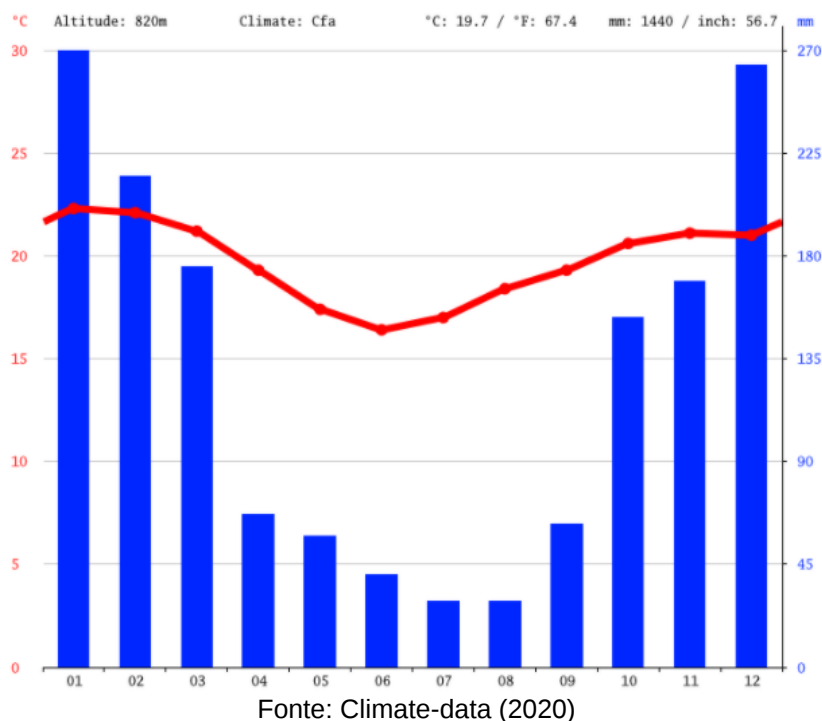
Fonte: *apud* Montañó (2002) ¹⁷

Quanto ao clima, segundo Ab'Saber (1969), São Carlos está inserido no clima tropical úmido moderado de altitude (Cwa de Köppen), com temperaturas elevadas durante todo o ano, contudo, em uma “ilhota” correspondente ao clima tipo Cwb de Köppen, o qual é característico pelo inverno relativamente seco e temperaturas médias inferiores a 22°C, local este que coincide com as “cuestas” e chapadões regionais do estado de São Paulo.

¹⁷ Adaptado de DAEE (1988)

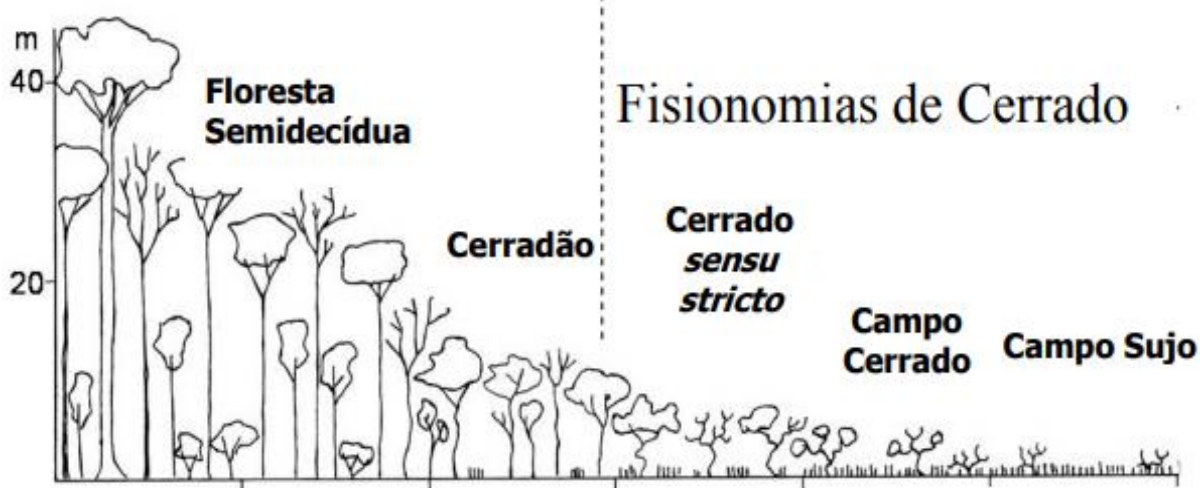
Segundo o Clima-data, a Figura 14 demonstra a temperatura média mensal do município de São Carlos, sendo a média anual de 19,7°C, bem como a pluviosidade média mensal, a qual anualmente contata-se próximo de 1440 mm, referente ao ano de 2019.

Figura 14 - Temperatura (em vermelho, à esquerda) e pluviosidade (em azul, à direita) média mensal de São Carlos/SP



Segundo Fernandes (2007), a vegetação original onde se encontra o município de São Carlos é o cerrado, variando entre campo de cerrado a cerradão (Savana florestada). Campanelli (2012) e Silva e Falcoski (2000) apontam, além das já citadas, vegetações do tipo Capoeiras e Floresta Estacional Semidecidual Submontana e Aluvial (Figura 15).

Figura 15 - Estratificação do cerrado



Fonte: *apud* CIOCHETI, 2007)¹⁸

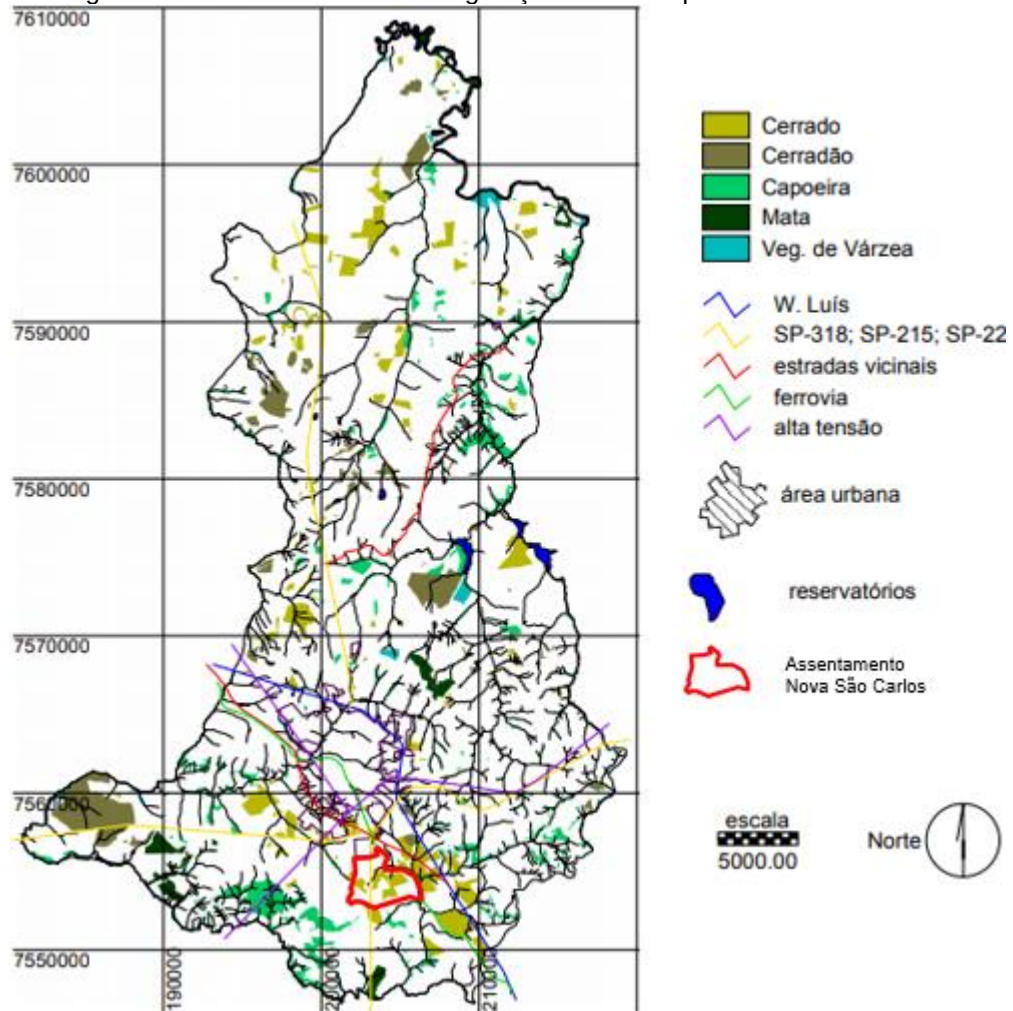
Denúbila (2013) aponta as principais espécies arbóreas na região sendo: *Stryphnodendron barbatiman* (barbatimão), *Paratecoma peroba* (pequi), *Tabebuia Ipê* (ipê amarelo), *Anacordium Nanum* (cajueiro do campo), *Pterodon pubescens* (faveiro), *Xylopia aromática* (pindaiva brava), *Micinia rubigosa* (quaresmeira do campo), *Ocotea pulchella* (canela de folha dura) e, sendo nativa e árvore símbolo da cidade, o pinheiro-do-paraná (*Araucaria angustifolia*). A mesma autora aponta que, mesmo sendo a árvore símbolo e a qual lhe atribuiu o antigo nome de São Carlos do Pinhal, atualmente são pouco encontradas, tanto na área urbana quanto em seu entorno.

Quanto a fauna, animais de grande porte como onça parda, jaguatirica e lobo-guará habitam a região de cerrado e cerradão, assim como animais menores como tatus, capivaras, gato do mato, dentre outros, como aponta Ciocheti (2007), em trabalho fotográfico a campo na região.

Lorandi *et al.* (2001) ressaltam que ao decorrer do tempo, a cobertura vegetal original da região foi praticamente erradicada, restando poucas áreas preservadas. Montaño (2002) apresenta essas poucas áreas na Figura 16.

¹⁸ Adaptado de Coutinho (1978)

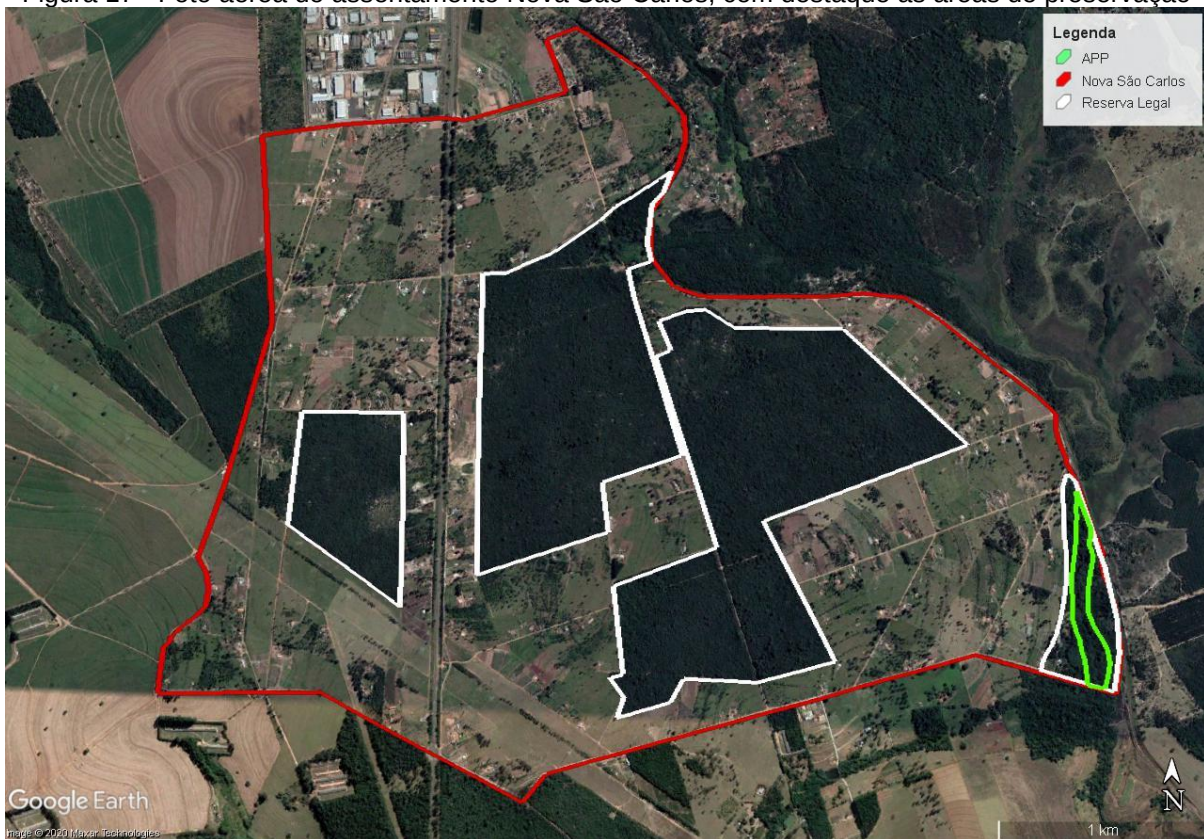
Figura 16 - Remanescentes de vegetação no município de São Carlos/SP



Fonte: adaptado de Montañó (2002)

Nota-se que na área do assentamento Nova São Carlos, o remanescente vegetal presente é formado por cerrado. Na foto aérea (Figura 17), destaca-se a área preservada de cerrado no interior do assentamento, sendo que cerca de 7 hectares constituem Áreas de Preservação Permanente (APPs), ao sudeste, e 314 hectares para a Reserva Legal (PALMA, 2018).

Figura 17 - Foto aérea do assentamento Nova São Carlos, com destaque às áreas de preservação



Fonte: Adaptado de Google Earth (2020)

Em estudo a campo, Bernardino (2013) relata a presença de espécies invasoras ao ecossistema na borda do fragmento central do assentamento, observando plantas dos gêneros *Brachiaria decumbens* (Capim-braquiária), *Pennisetum purpureum Schum* (Capim-colonião) e *Melinis minutiflora* (Capim-gordura). A autora nota a prevalência de Capim-braquiária nos trechos que sofreram perturbações e supressões de vegetação nativa com corte de árvores, construção de calhas de recolhimento de água pluvial e locais de deposição de resíduos.

Para complementar a caracterização mais atual, a plataforma MapBiomas apresenta algumas características para o município de São Carlos, presentes na Tabela 1. Na Figura 18, é apresentado espacialmente os diferentes usos do solo no assentamento

Nova

São

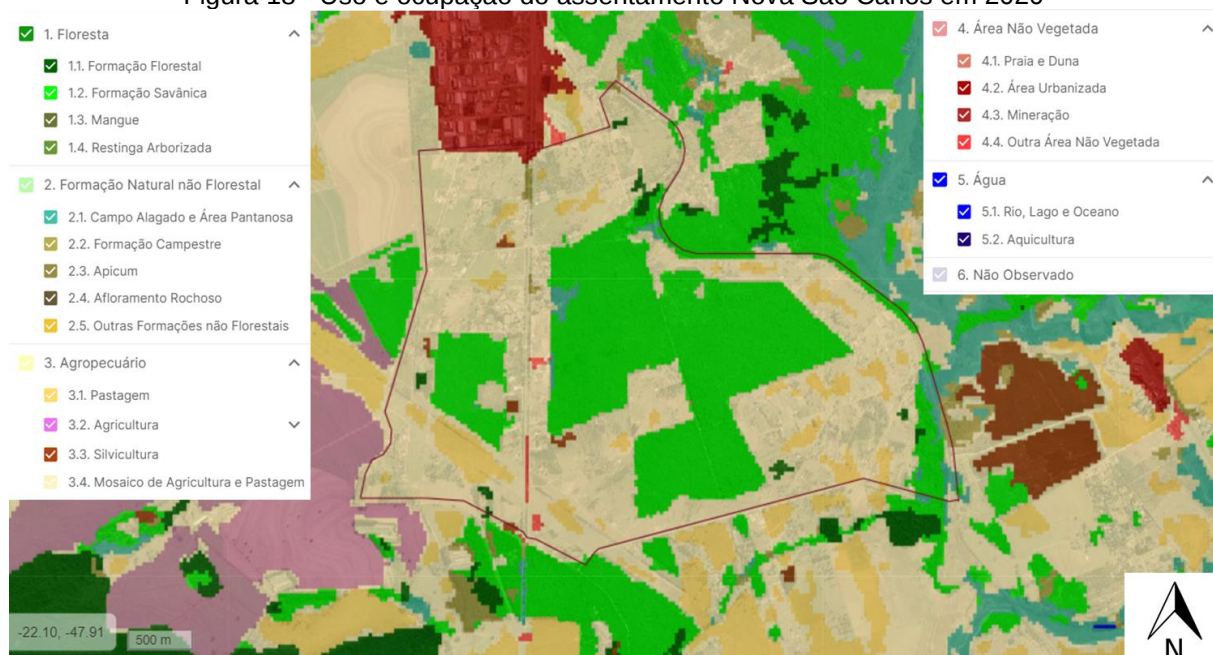
Carlos.

Tabela 1 – Área em hectares para cada classe e uso do solo em São Carlos nos anos de 2019 e 2020

<i>Classe</i>	<i>2019 (ha)</i>	<i>2020 (ha)</i>
1. Floresta	22.876	2.235
1.1. Formação Florestal	1.500	1.468
1.2. Formação Savânica	7.876	7.666
1.3. Mangue	0	0
1.4. Restinga Arborizada	0	0
2. Formação Natural não Florestal	27.342	27.009
2.1. Campo Alagado e Área Pantanosa	2.260	2.263
2.2. Formação Campestre	4.739	43.746
2.3. Apicum	0	0
2.4. Afloramento Rochoso	0	0
2.5. Outras Formações não Florestais	0	0
3. Agropecuário	8.115	8.157
3.1. Pastagem	9.592	920
3.2. Agricultura	4.193	4.226
3.2.1. Lavoura Temporária	40.163	4.021
3.2.1.1. Soja	5.668	699
3.2.1.2. Cana	3.909	39.026
3.2.1.3. Arroz	0	0
3.2.1.4. Outras Lavouras Temporárias	5.111	4.894
3.2.2. Lavoura Perene	1.767	20.434
3.2.2.1. Café	151	15.161
3.2.2.2. Citrus	1.615	18.918
3.2.2.3. Outras Lavouras Perenes	0	0
3.3. Silvicultura	20.034	1.995
3.4. Mosaico de Agricultura e Pastagem	2.763	2.812
4. Área Não Vegetada	6.471	6.624
4.1. Praia e Duna	0	0
4.2. Área Urbanizada	6.077	6.154
4.3. Mineração	0	0
4.4. Outra Área Não Vegetada	3.936	46.934
5. Água	4.566	45.017
5.1. Rio	4.600	4.566
5.3. Aquicultura		
6. Não Observado		

Fonte: MapBiomass (2021)

Figura 18 - Uso e ocupação do assentamento Nova São Carlos em 2020



Fonte: MapBiomas (2021)

2.3 Aspectos sociais

Em âmbitos nacional, regional ou local, os assentamentos são uma das formas mais objetivas de promover a reforma agrária, concretizando a luta pela terra por parte da população, que exige seu direito garantido pela Constituição, à moradia (FERRANTE; WHITAKER, 2013; SOUZA-ESQUERDO; BERGAMASCO, 2011).

Segundo o diagnóstico qualitativo realizado pelo grupo GEISA no ano de 2018 (TABARIN; FANTIN, 2018), o processo de ocupação se deu em no local onde dantes havia uma silvicultura de eucaliptos, área pertencente à FEPASA (Ferrovia Paulista S.A.) e arrendada pela CONPACEL (Consórcio Paulista de Papel e Celulose, antiga RIPASA) através de um contrato com governo federal, o qual estava próximo do vencimento.

Um morador conta que houve 2 tentativas de ocupar esta mesma área entre os anos de 2006 e 2008, mas, por conta de dificuldades de plantio, moradia e organização, não obtiveram sucesso. Na terceira tentativa, em setembro de 2008, o grupo de 150 a 200 famílias se estruturam e permaneceram na terra, reivindicando o direito à moradia, o qual foi consolidado em agosto de 2009, como consta no Relatório de Gestão de 2009 do INCRA (2010), em uma área total de 1.158,50 hectares, dividida em 81 lotes.

Com intuito de conhecer e aumentar a base de dados referente ao assentamento, o grupo GEISA realizou o diagnóstico socioambiental quantitativo em 2016, o qual abrangeu 39 lotes do assentamento (TAVER; VARISON; MONTAÑO, 2017). Deste modo, informações apresentadas nos próximos parágrafos são alicerçadas pelos diagnósticos quantitativo e qualitativo já citados.

O trabalho realizado em 2016 mostrou que 70% dos moradores tinham como última residência a própria cidade de São Carlos, sendo 30% do bairro Cidade Aracy. A significativa quantidade de pessoas advindas deste bairro pode estar relacionada ao grau de vulnerabilidade ambiental e social, como abordado por Mazzuco e Moschini (2018), em estudo de caso no local, analisando problemáticas como erosão do solo, ocupação urbana e acesso à educação.

Com relação à saúde coletiva, as doenças mais recorrentes no assentamento foram resfriados e gripe, em todas as faixas etárias, e, especificamente até 12 anos, soma-se a dengue, alergia a picadas e feridas. Ressalta-se que o Sistema Único de Saúde (SUS) é utilizado por 92% dos entrevistados, mostrando sua importância para o uso de serviços de saúde, apesar de 89% relatarem dificuldades para acessá-los como falta de transporte público, estrada precária, dentre outros.

Analisando o aspecto ocupacional e financeiro dos entrevistados, antes de morar no assentamento, apenas 19% realizavam atividades rurais, enquanto 81% executavam serviços na cidade, fábricas, domésticos, construção civil, entre outros. No ano de 2016, as pessoas que trabalhavam com atividades rurais aumentaram para 42%, entretanto, ainda há uma grande parcela que necessita atuar na cidade para complementação parcial ou total da renda.

Santarosa (2014, p. 23) retrata que a falta de um planejamento e acompanhamento técnico na criação do assentamento – no caso, o que aconteceu com o assentamento em estudo do autor, também é aplicado ao assentamento Nova São Carlos –, causam interferências nas relações de trabalho com a terra, contatando que:

O problema de degradação ambiental encontrado no assentamento estudado revela que apenas conceder a terra no processo de reforma agrária não acaba com a injustiça no campo brasileiro. Esta oportunidade, sem os devidos acompanhamentos e investimentos, será temporária e o beneficiário pode até deixar a produção agropecuária em busca de outras atividades engrossando os índices do êxodo rural ou, como observado em alguns casos, os assentados moram no campo e mantêm uma produção mínima, mas procuram emprego na cidade.

Apesar de moradoras e moradores do assentamento expressarem sua vontade de viver apenas do lote, a ligação e necessidade da relação entre o assentamento e a cidade para complemento da renda familiar se torna mais evidente quando observado que 26% de assentadas e assentados vivem com menos de 1 salário-mínimo e 55% com renda entre 1 e 3 salários-mínimos (considerado valor de 937,00 reais em 2017); 59% não considera essa renda suficiente para sustento da família.

Como fonte de renda parcial ou completa, cerca de 92% dos lotes exercem atividade pecuária para subsistência e/ou comercialização de aves (38%), bovinos (23%), suínos (22%), dentre outros. Com relação às atividades agrícolas, 90% dos lotes exercem plantios para subsistência e/ou comercialização e, como principais produtos são frutas, verduras, hortaliças e raízes, sendo 67% produção orgânica.

Assentados e assentadas relatam como principais problemas para produção agrícola a falta de água (33%), qualidade do solo (27%), dentre outros em menores quantidades como falta de crédito e mão de obra, falta de sementes, dificuldade de comercialização e pragas.

Com relação à qualidade do solo, como visto na caracterização física, o assentamento se localiza em área arenosa, de areias quartzosas profundas, sobre a formação Botucatu, o que dificulta no processo de plantio – confirma, em entrevista, um morador do assentamento que relata um solo arenoso e pouco fértil¹⁹.

Outro fator agravante é o fato de que a área foi utilizada por uma empresa para plantio de eucalipto, espécie exótica que necessita de muita água, tirada do solo, para crescer – problema este que atinge diversos outros assentamento, como explicado por Santarosa (2014). Para ampliar a problemática, a empresa (e o INCRA) não removeu os tocos após corte das árvores, o que não só prejudica na agricultura (impossibilita a utilização de trator, compacta o solo), como limita a área útil de cada lote, relata o morador.

¹⁹ No livro “A qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira”, Sparovek (2003) retrata que não há priorização de áreas aptas (condições favoráveis para cultivo) para a maioria dos assentamento rurais. Desta forma, as terras direcionadas à reforma agrária, a maior parte delas, são classificadas como baixo interesse econômico devido a localização desfavorável, solo degradado, dentre outros fatores. Deste modo “Esse conjunto de fatores facilita a arrecadação de terras, considerando que nessas regiões a proporção de imóveis improdutivo é maior.”

E, em relação à falta de água no assentamento, foi constatado que, não apenas para a dessedentação de animais e produção agrícola, falta água também para consumo doméstico e pessoal em diversos lotes.

As 4 principais fontes de água as quais famílias do assentamento podem adquirir são através: do SAAE (Serviço Autônomo de Água e Esgoto), por meio de caminhões-pipa (maioria) ou encanamento (minoridade); de Poços Tubulares Profundos (PTP), os quais foram perfurados pelo INCRA; e da nascente de córrego, sendo este pouco utilizado.

A água encanada chega a um número restrito de lotes, localizados no limite do assentamento na área norte/noroeste com a rua Sophia Bagnato, do distrito industrial de São Carlos (vide Figura 17). Com exceção dessas casas, o SAAE abastece lotes no interior do assentamento via caminhão pipa, o qual, segundo uma moradora, passa com frequência de 15 a 30 dias (TABARIN; FANTIN, 2018). Para suprir a demanda de água, a mesma moradora coleta água de chuva para executar funções domésticas e utiliza a água do SAAE para consumo e preparo da comida. Ambas as águas são armazenadas em caixas d'água e tanques de reserva de 1 m³.

Ao oficializar e demarcar o assentamento, o INCRA perfurou 3 poços profundos para abastecimento, contudo, não foi instalada rede de distribuição. Deste modo, os poços conseguem abastecer somente os lotes na sua proximidade, com distribuição via mangueiras e dificuldade na gestão pois, segundo morador o qual paga a energia usada pela bomba de captação, a redistribuição do valor do uso da bomba gera desgaste, tanto a ele quanto aos outros.

Devido essas complicações, os moradores que têm oportunidades, constroem poços particulares para uso doméstico, consumo, irrigação e dessedentação de animais. Entretanto, é a minoria que consegue tal feito, visto o elevado custo para implementação, e as condições financeiras já abordadas da maior parte das pessoas.

Com relação ao esgoto sanitário gerado, apesar de 40% possuírem fossa séptica (muitas delas feita pela EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA) cerca de 60% dos entrevistados, na época do levantamento, possuem destinação não adequada ambientalmente no lote, por meio de fossas rudimentares, valas e disposição no solo (TAVER; VARISON; MONTAÑO, 2017).

A disposição inadequada do esgoto sanitário traz diversos prejuízos, tanto para o lote quanto para a população, facilitando a contaminação de lençóis freáticos e favorecendo a propagação de doenças de veiculação hídrica.

Outro fator agravante à salubridade ambiental é devido a gestão dos resíduos sólidos no local. Há apenas um ponto de coleta, no centro do assentamento, chegando até 2,5 km de distância dos lotes periféricos.

A falta de mais pontos de coleta distribuídos pelo assentamento é um dos fatores que levam cerca de 50% dos moradores a queimar o lixo gerado, considerada essa uma destinação não adequada ambientalmente, visto que a queima de resíduos de diversos materiais pode intoxicar o solo e os próprios moradores.

Quanto ao último ponto do saneamento básico, a falta de infraestrutura de drenagem de águas pluviais do assentamento causa diversos problemas de erosão dos solos dos lotes e das ruas públicas não-pavimentadas, levando em consideração as características do solo (arenoso) e pontos de declividade chegando a 8,5%.

As condições do saneamento básico no assentamento não são favoráveis para proporcionar a qualidade de vida necessária aos moradores e moradoras. Este fato é agravado com as condições financeiras das famílias, a falta (quase ausência) de suporte e auxílio por parte da prefeitura/INCRA, ao preconceito derivado pelas condições estruturais, históricas e geográficas da moradia - por parte da população urbana - e falta de uma unidade entre as e os habitantes do assentamento.

Este último ponto citado, como explica um morador, é evidente na comunidade e gera conflitos os quais desgastam relações, ao invés de fortalecê-las. É de suma importância ressaltar que a unidade não é formada de forma simples e rápida, ainda mais quando a população já sofreu para conquistar a terra (exercendo seu direito) e ainda sofre repressão, preconceitos e outros problemas que, só sabe e compreende, quem vive lá.

Uma forma de entrelaçar os interesses dos assentados e das assentadas é através da associação de moradores, fundada junto ao assentamento. Contudo, por disputas internas, como relata um morador (TABARIM; MONTAÑO, 2018), as

peças deixaram de participar da associação, sendo que, em 2017, apenas 55% eram os que participavam²⁰ (TAVER; VARISON; MONTAÑO, 2017).

Com a caracterização ambiental e social do assentamento, buscou-se compreender os principais pontos que merecem atenção para avaliar seus impactos na comunidade local. Desta forma, observou-se que o saneamento básico não está em condições favoráveis, assim, no próximo capítulo, será averiguado quais são os impactos atrelados a este aspecto.

²⁰ Neste ponto, ressalta-se a importância de movimentos de formação e organização social, como por exemplo o MST (Movimento dos Trabalhadores Rurais Sem Terra), para melhor estruturação e organização coletiva.

3 CAPÍTULO 3 – IMPACTOS AMBIENTAIS E SOCIAIS

O intuito deste capítulo é abordar os principais impactos ambientais e sociais que são causados pela falta do saneamento básico adequado em zonas rurais apontados pela literatura, dos quais muitos são observados também nos lotes do assentamento Nova São Carlos.

Outro objetivo é criar uma forte correlação destes impactos apontados na literatura e os que acontecem no local de estudo. No entanto, devido a pandemia de Covid-19, a visita aos lotes e ao assentamento em geral teve que ser cancelada.

Ressalta-se a importância de conhecer fisicamente o local de estudo para realização de um trabalho mais fidedigno, entretanto, as ações sanitárias de isolamento social são mais importantes no momento para que, num futuro breve, outros trabalhos possam o realizar. Ademais, como atuante do grupo Geisa entre 2017 e 2020 com várias idas, projetos e conversas com as pessoas assentamento, afirmo que a impossibilidade de visitar o local não impediu a realização deste estudo. Dito isto, continua-se com a introdução do capítulo referente aos impactos, com enfoque no saneamento básico.

Segundo a lei 14.026 de 15 de julho de 2020 (BRASIL, 2020, p. 5) – que altera o então marco regulatório do saneamento (Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000) – o saneamento básico é o conjunto de serviços públicos, infraestrutura e instalações operacionais, os quais abrangem:

- a) abastecimento de água potável: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias ao abastecimento público de água potável, desde a captação até as ligações prediais e seus instrumentos de medição;
- b) esgotamento sanitário: constituído pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais necessárias à coleta, ao transporte, ao tratamento e à disposição final adequados dos esgotos sanitários, desde as ligações prediais até sua destinação final para produção de água de reúso ou seu lançamento de forma adequada no meio ambiente;
- c) limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos: constituídos pelas atividades e pela disponibilização e manutenção de infraestruturas e instalações operacionais de coleta, varrição manual e mecanizada, asseio e conservação urbana, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos resíduos sólidos domiciliares e dos resíduos de limpeza urbana; e
- d) drenagem e manejo das águas pluviais urbanas: constituídos pelas atividades, pela infraestrutura e pelas instalações operacionais de drenagem de águas pluviais, transporte, detenção ou retenção para o amortecimento de vazões de cheias, tratamento e disposição final das águas pluviais drenadas, contempladas a limpeza e a fiscalização preventiva das redes;

Ao trazer as definições da lei, ressalta-se que 4º elemento citado retrata a “drenagem e manejo das águas pluviais **urbanas**”. Entretanto, o escoamento superficial de águas pluviais em áreas rurais é de suma relevância e merece a devida atenção para prevenir impactos negativos atrelados, como será mais bem discutido ao longo deste capítulo.

Para melhor compreensão dos impactos, é importante conceituar alguns termos que serão utilizados nos próximos tópicos, como:

- Contaminação: segundo Jordão e Pessoa (1975), a contaminação é “quando ocorre a presença de substâncias tóxicas ou de organismos patogênicos oferecendo risco à saúde da população”. Braga *et al.* (2003) complementam que o termo se refere à transmissão de substâncias ou microrganismos nocivos à saúde, porém sem necessariamente implicar em desequilíbrio ecológico no meio.
- Poluição: para Andrade e Zaiat (2013), conceituar poluição não é simples e está relacionado com diversos fatores, desde provocações nos equilíbrios biogeoquímicos, alteração no meio que afetam a saúde dos seres humanos e/ou que impedem ou restringem o modo de uso, a alterações paisagísticas. Para compreensão e caracterização das formas de poluição, Reis e Brandão (2013) explicam que os poluentes podem impactar o meio por:
 - Poluição pontual: ocorre quando os poluentes atingem o meio de maneira localizada, geralmente são mais facilmente identificáveis com caracterização direta e objetiva. Em sua maioria, a proposição de ações mitigadoras é mais específica e singular.
 - Poluição difusa: ocorre quando as cargas atingem diversos pontos do meio, sem que possa ser facilmente identificável e de fácil precisão. Geralmente abrange grande áreas e/ou extensões, sendo de difícil caracterização e necessita de ações mitigadoras estruturais mais amplas e abrangentes.
- Impactos ambientais: o meio ambiente sofre modificações e pressões de diversos modos e, para Sanchez (2013), impacto é considerado como toda e qualquer alteração do meio, causada por ações antropogênicas, que modifique processos naturais ou sociais. Segundo a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2021, p. 1), a definição é dada por

qualquer alteração das propriedades físico-químicas e biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente, afetam a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, a biota, as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, enfim, a qualidade dos recursos ambientais.

Desta forma, os próximos tópicos deste capítulo têm por objetivo abordar os impactos socioambientais, mais especificadamente, para cada aspecto do saneamento básico em zonas rurais.

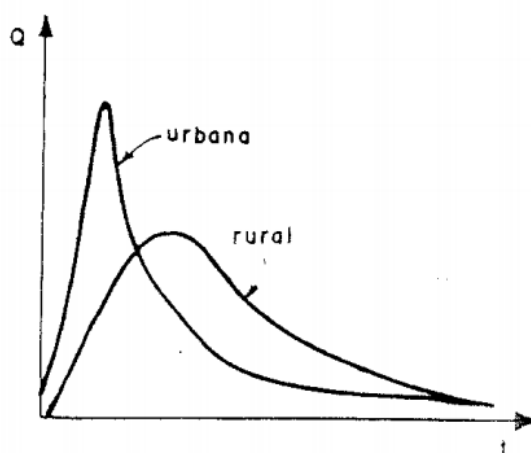
3.1 Drenagem pluvial

O deslocamento superficial da água é uma etapa importante e intrínseca no ciclo hidrológico, entre a precipitação e o direcionamento da água aos copos hídricos (TUCCI, 2001).

O escoamento superficial é resultado da diferença entre cotas no terreno, guinando a água sempre ao ponto de menor energia potencial, vencendo principalmente o atrito com solo e demais barreiras, dentre elas, a vegetação, depressões no solo e estruturas de contenção (SILVEIRA, 2001).

Tucci (2001) apresenta na Figura 19 a comparação entre hidrogramas característicos para zonas urbanas e rurais.

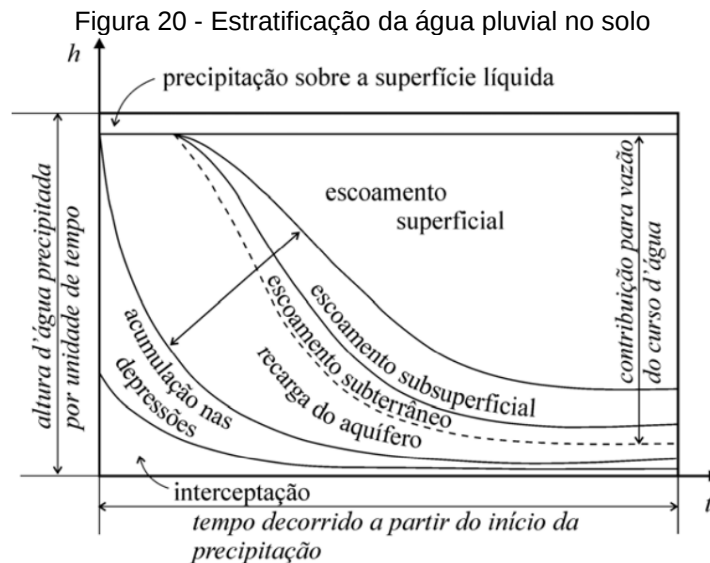
Figura 19 - Comparação de hidrogramas de zonas rurais e urbanas



Fonte: Tucci (2001)

No hidrogramas apresentado, nota-se que a zona rural tem seu pico de vazão superficial inferior a zona urbana. Isto se deve pelos maiores índices de impermeabilização do solo dos centros urbanos, o que limita a percolação e infiltração da água, prevalecendo o movimento “horizontal”. Como demonstra

Oliveira (2007)²¹, na Figura 20, a estratificação da água pluvial, ao atingir o solo, pode variar desde o escoamento superficial até sua interceptação final por uma rocha impermeável.



Fonte: Oliveira (2007)²²

Para Pruski (2009), o escoamento superficial da água é o principal agente causador de erosão em estradas não pavimentadas. Esse tipo de estrada, quando construída sem os devidos cuidados e atenções, pode ser fonte de sedimentos a serem carregados até atingir corpos hídricos, causando seu assoreamento.

Tucci e Clarke (1997) concluem em seu trabalho que, para garantir a preservação e uso dos recursos hídricos – evitando impactos negativos – é fundamental compreender os impactos do uso dado ao solo e sua influência nos ciclos hidrológicos de bacias enquadradas em zonas rurais.

O transporte de massas pode ocorrer de forma concentrada (como sulcos, ravinas, voçorocas) ou em massa (escorregamentos ou corridas de solos e rochas). De acordo com Suarez (2009), há seis fatores que influenciam a ocorrência de processos erosivos: uso e ocupação da terra, declividade do terreno, probabilidade de ocorrência de chuvas intensas, pedologia, geomorfologia e litologia da área.

²¹ Apud Garcez (1967)

²² Apud Garcez (1967)

Em estudo comparativo entre diferentes tipos de solo, Denardin (1990) retrata que areias quartzosas – mesmo solo onde o assentamento Nova São Carlos se localiza sobre – possuem elevado valor do fator de erodibilidade.

Santarosa (2014, p. 11) afirma que “a degradação dos solos afeta diretamente as áreas destinadas a assentamentos rurais”. O autor, referenciando o trabalho de Sparovek (2003), retrata que assentamentos da região sul e sudeste apresentam elevados índices de degradação do solo por erosão, por conta do uso de maquinários agrícolas e práticas de monocultura em grandes áreas, cultivadas até a exaustão do solo, degradando o local antes da implementação de um assentamento.

Segundo Enriquez *et al.* (2013) e Forsyth, Bubb e Cox (2006), os principais aspectos na correlação estradas não pavimentadas e escoamento superficial são: “interceptação direta das gotas de chuva no leito da estrada; baixa taxa de infiltração da água no solo e, em contrapartida, maior volume de escoamento superficial além de concentração do volume escoado em áreas adjacentes ao canal de drenagem da estrada”. A erosão de estradas não pavimentadas, sem o devido planejamento para o escoamento superficial, pode ser a principal causa de inundações, contaminação da água de corpos hídricos e alteração de seu ecossistema, afetando a fauna e flora do ambiente (ENRIQUEZ *et al.*, 2015).

Thomaz, Antoneli e Dias, (2011) pesquisaram a influência do carreamento de sedimentos com as estradas não pavimentadas. A área de estudo foi uma bacia hidrográfica na cidade de Guarapuava, centro-sul do estado do Paraná, com área de 23,7 km², solos liólicos álicos e cambiosolos álicos e relevo predominantemente forte ondulado e montanhoso. Os pesquisadores concluíram que cerca de 46,5% dos sedimentos direcionados ao corpo hídrico foi proveniente das estradas rurais não pavimentadas, apesar destas ocuparem apenas 1,6% da área. Também foi relatado que as estradas se estruturam como conectoras de vertentes e canais fluviais, de modo a facilitar o carreamento e entrada dos sedimentos nos corpos hídricos.

Ademais, os canais pluviais com caminhos preferenciais não planejados, acarretam problemas estruturais nas estradas, tornando, também, um problema social, dificultando o acesso e circulação das pessoas no local.

Processos erosivos atrelados a práticas inadequadas de ocupação do solo podem causar consequências danosas para produção agrícola, para os corpos

hídricos e acarretar problemas estruturais em moradias. Desta forma Pejon, Rodrigues e Zuquete (2013) citam algumas técnicas agrícolas que são interessantes para reduzir os impactos negativos como a rotação de culturas, implantação de terraceamentos e curvas de nível para agricultura, sistema viário e organização dos lotes, aração em direção correta e utilização do plantio direto

Além de ser a base para as atividades do meio rural como agricultura e pecuária, os solos influenciam nos aspectos sociais da vida dos moradores, desde o fruto de sua produção até a relação com a cidade – caso necessite – devido às condições do terreno.

3.2 Resíduos sólidos

Como visto no capítulo de caracterização do assentamento, cerca de 50% dos moradores entrevistados contaram que queimam os resíduos em seus lotes. Essa prática não é exclusiva deste assentamento, como é possível observar na pesquisa em domicílio do IBGE, no ano de 2015, em que 62,0% dos resíduos gerados na zona rural é queimado ou aterrado – sem a devida estrutura de contenção – pela ineficiência ou inexistência de coleta de resíduos. A mesma pesquisa mostra a desigualdade da coleta de lixo entre zonas urbanas e rurais, sendo 98,8% do resíduo urbano coletado e apenas 33,9% em zonas rurais.

Com a ampliação da “cultura do descartável” proporcionando comodidade para os usuários e lucros para empresas relacionadas, esse padrão de vida consumista acarreta maior geração de resíduos e problemas socioambientais inerentes a essa cultura (DIAS; MORAES FILHO, 2008), seja para regiões urbanas ou rurais.

Com enfoque na zona rural, Darolt (2002) caracteriza os resíduos sólidos dos domicílios, geralmente, compostos por restos de vegetação de cultura, materiais associados ao cultivo agrícola, incluindo adubos químicos e agrotóxicos, bem como suas respectivas embalagens, dejetos de animais, produtos relacionados a

veterinária, dentre outros corriqueiramente encontrados em zona urbana²³ como vidros, latas, papéis e papelão, plásticos, pilhas e baterias, lâmpadas, restos de alimento, etc.

Martins, Andrade e Prates (2009) obtiveram resultados quanti e qualitativos dos resíduos domésticos em assentamento de reforma agrária, o qual dista 15 km da cidade de Luiziana-PR. Nas condições do estudo, foi notada a presença de vidros (50 %), metais (23 %), plásticos (17 %), papéis (9 %) e outros (1%, sendo estes resíduos de saúde, pilhas, lâmpadas, borracha). Apesar de os autores terem realizados apenas 3 coletas (o que prejudica a quantificação geral), a qualificação dos resíduos mostra a semelhança com resíduos produzidos comumente em zonas urbanas.

Dentre os resíduos plásticos gerados recorrentes em zonas rurais, estão entre eles as embalagens de produtos químicos utilizados na agricultura. Devido seu alto grau de toxicidade, este tipo de resíduo merece maior atenção quanto a destinação correta (SCHALCH *et al.*, 2003).

Komatsu, Santos e Sousa (2019) buscaram compreender como se dá a destinação de embalagens de agroquímicos em um assentamento²⁴ no Maranhão por meio de um questionário feito com produtores locais. Apesar de 85% dos produtores afirmarem já ter tido acesso a informações sobre armazenamento e geração deste tipo de resíduo e 75% classificam como “muito importante” a preservação ambiental e a importância de resíduos sólidos, apenas 40% se

²³ Para Martins, Andrade e Prates (2009), houve um aumento na geração de resíduos dantes encontrados principalmente em ambientes urbanos, em ambientes rurais, tidos como uma continuação da zona urbana. Para os autores, isto se deve à ampliação do consumo de bens materiais pela redução das barreiras comerciais entre esses espaços, notando as mudanças que o meio rural tem passado, o qual, para Barbosa (2005), deixou de haver exclusivamente atividades agrícolas.

²⁴ Segundo Taveira (2014), a ocupação deste assentamento iniciou em 1996, com 260 famílias lutando por moradia. Atualmente, o assentamento possui cerca de 200 propriedades, considerado de porte médio com atividade agrícola consideravelmente representativa, sendo um dos maiores produtores de milho e soja para região onde se localiza (KOMATSU; SANTOS; SOUSA, 2019). Ressalta-se que os dados levantados provem de entrevistas à 20 produtores do assentamento em questão.

declararam “muito comprometido” com a preservação ambiental e apenas 20% possuem noção da quantidade de resíduos provenientes da produção agrícola.

O mesmo estudo aborda como destinação deste tipo de resíduos a devolução à central de recolhimento (40%), queima (35%), reutilização doméstica (10%), reutilização para transporte de combustíveis (5%) e outros não sabem ou não responderam (10%). Ressalta-se que o reuso destes recipientes sem o devido tratamento agrava problemas de saúde, devido a ingestão dos compostos tóxicos, prática esta considerada totalmente irregular por Barreira e Philippi Junior (2002).

Desta forma, evidencia-se a necessidade de realizar a correta separação, acondicionamento, coleta e destinação de cada resíduo gerado nos domicílios, a fim de promover saúde para população e segurança ambiental, ainda mais quando este aspecto está relacionado com o aumento da geração dos resíduos sólidos na zona rural.

Quando relacionados esses dois aspectos – grande geração de resíduos com baixo índice de coleta e/ou destinação adequada – com foco em zonas rurais, problemas sociais e ambientais são retratados em diversos locais pela literatura.

Para de Lima *et al.* (2005) e Silva *et al.* (2014)²⁵, as principais formas de destinação de resíduos domésticos e de produção agrícola as queimadas e aterramento em valas, que tem como consequência a contaminação de lençóis freáticos e degradação do solo, além de doenças para população e animais que vivem no local.

A literatura abrange e retrata diversos Impactos ambientais atrelados a inadequada destinação de resíduos sólidos no meio (ALENCAR *et al.*, 1998; KOMATSU; SANTOS; SOUSA, 2019; MARTINS; ANDRADE; PRATES, 2009). Para Mota *et al.* (2009, p. 74):

A poluição do solo pode alterar suas características físico-químicas, que representa uma séria ameaça à saúde pública tornando-se o ambiente propício ao desenvolvimento de transmissores de doenças. A poluição da água pode alterar as características do ambiente aquático, através da percolação

²⁵ Ademais, as autoras salientam a importância e relevância dos catadores no processo de destinação correta dos resíduos. Para Romansini (2005): “O catador de resíduos recicláveis é um ator social completamente bem situado e fruto da dinâmica da sociedade moderna. É um ator social de extrema relevância, aliás, como a maioria dos trabalhadores de funções extremamente simples e pouco valorizadas, mas que são de vital importância para o funcionamento da sociedade, nos moldes em que ela está organizada”.

do líquido gerado pela decomposição da matéria orgânica presente no lixo, associado com as águas pluviais e nascentes existentes nos locais de descarga dos resíduos. Enquanto que a poluição do ar pode provocar a formação de gases naturais na massa de lixo, pela decomposição dos resíduos com e sem a presença de oxigênio no meio, originando riscos de migração de gás, explosões e até de doenças respiratórias, se em contato direto com os mesmos.

Como os aspectos ambientais sempre estão atrelados aos aspectos sociais – como ressaltado no capítulo anterior – impactos que atingem o meio ambiente de forma negativa também afetaram negativamente a população que vive no seu meio.

Com intuito de comprovar estatisticamente a relação entre o acondicionamento e coleta de resíduos sólidos e o impacto na saúde de crianças, Moraes (2007)²⁶ observou maior prevalência de *Ascaris lumbricoides*, *Trichuris trichiura* e ancilostomídeos em crianças de 5 a 14 anos de domicílios que não dispõem de acondicionamento adequado e coleta dos resíduos, quando comparado aos domicílios que apresentam tais fatores. O autor afirma que a diferença é estatisticamente significativa, mesmo quando sobrepostos outros fatores de risco como socioeconômicos, culturais, demográficos e ambientais

O mesmo estudo traz resultados semelhantes quando comparado ao estado nutricional e incidência de diarreia em crianças com menos de 5 anos. Foi constatado que crianças residentes em domicílios sem coleta e acondicionamento adequado dos resíduos sofrem, respectivamente, 65% e 43% a mais de diarreia quando comparado a domicílios com coleta e condicionamento adequado.

Teixeira e Heller (2005) associam a diarreia infantil a fatores ambientais, dentre eles, a acondicionamento de resíduos. Os autores corroboram com o tema, enfatizando a relação entre saúde infantil e saneamento ambiental em assentamentos humanos, sendo essencial intervenções com relação ao acondicionamento dos resíduos para minimizar essa doença.

Neste ponto, fica evidente que o acondicionamento e a coleta do material indesejado, realizados de forma adequada, promovem saúde para a população; assim, esse serviço – base para exercer as outras atividades profissionais, pessoais, culturais – deve ser estudado e aplicado, visando o bem-estar da comunidade.

²⁶ Estudo realizado em 9 assentamentos periurbanos de Salvador/BA, com 1893 crianças entre 5 e 14 anos para análise de infecção por nematoides intestinais e 1204 crianças menores de 5 anos para incidência de diarreia e estado nutricional.

3.3 Abastecimento de água

Em 2010, o *Rural Water Supply Network*²⁷ lançou um documento chamado “Mitos do setor de abastecimento rural de água” (do inglês, *Myths of the Rural Water Supply Sector*), abordando 7 aspectos relevantes sobre o abastecimento de água em zonas rurais.

O primeiro mito que o texto aborda é: “a melhor forma de utilizar fundos públicos é investir pesadamente em subsídios para equipamentos”. Segundo o texto focar apenas em infraestrutura não basta para atingir comunidades isoladas; deve-se também dar incentivos às comunidades melhorarem o que já possuem e investir em gerar conhecimentos e habilidades para os moradores locais compreenderem a questão da água e realizarem suas próprias bem-feitorias.

O segundo mito é: “construir sistemas de abastecimento de água é mais importante do que mantê-los funcionando”. O texto deixa claro que ambos os aspectos são de suma importância para fornecer água de qualidade para a população atendida, desde a criação e concepção do sistema até a sustentabilidade de suas infraestruturas.

Relacionado com o mito anterior, o terceiro mito é: “comunidades são sempre capazes de gerenciar suas instalações por conta própria”. O gerenciamento e manutenção do sistema de abastecimento nem sempre será eficaz quando realizado pela própria comunidade, seja por questões financeiras ou estruturais. Outros aspectos devem ser levados em consideração neste caso como participação conjunta da comunidade e do prestador do serviço, oferecimento de suporte, seja financeiro ou humano para manter e manejar o sistema de abastecimento, além de considerar diferentes formas de gerenciamento que seja mais adaptado à realidade do local.

Quarto mito é “que moradores da zona rural necessitam é 20 litros por pessoa por dia de água potável”. Muitos estudos trazem esse valor como referência, até em programas de abastecimento rural, entretanto, este valor não traz consigo outros usos essenciais que as pessoas possuem, considerando a cultura do local,

²⁷ Criada em 2004, a partir da rede *Handpump Technology Network*, através de esforços da UNICEF (*United Nations Children’s Fund*), Skat, SDC (*Swiss Agency for Development & Cooperation*), dentre outras entidades que auxiliaram no fortalecimento desta rede, desde o início da década de 1980 (RWSN, 2021).

desde higiene, limpeza à dessedentação de animais e cultivo de hortas. Ademais, além da qualidade e da quantidade, o texto também traz a importância da distância entre a fonte de água e a casa das pessoas, sendo este um fator crítico para a segurança da água.

O quinto mito pode ser facilmente atribuído à realidade urbana também, quando analisado um município por completo: “nós sabemos o que queremos e o que podemos obter do setor privado”. O texto retrata que, apesar da retórica da necessidade de aproveitar o setor privado, há suspeitas e preocupação de que este não é confiável, visto seu enfoque na maximização do lucro. Desta forma, os autores do texto defendem que o setor privado atue no abastecimento rural e abrangem tecnologias para abastecimento em locais isolados. Para isso, também é necessário o fortalecimento das instituições fiscalizadoras, para que, assim, o setor privado seja mais responsável e atue junto com os usuários para melhor apropriação do sistema.

O sexto mito elencado é “Qualquer ação que tente melhorar o abastecimento rural de água é louvável”. O fornecimento de água com qualidade, quantidade e segurança, deve ser feito continuamente, envolvendo diversos atores; desta forma, ações extremamente pontuais ou feitas apenas pelo “fazer o bem”, não fornecem as soluções que uma comunidade necessita. Assim, os autores reforçam a necessidade do fortalecimento de instituições públicas para coordenar, em nível local, regional e nacional, as ações de ONGs, empresas (públicas e privadas) ligadas ao setor, planejamento das ações e estabelecimentos de metas para servir a população e envolvimento dos diferentes atores no processo.

Por fim, o sétimo mito é “existe uma solução rápida para o abastecimento de água na zona rural”. É evidente que não existe uma solução, uma simples ideia, uma tecnologia para solucionar a questão, afinal, não há soluções rápidas que substituam anos de negociações políticas, desenvolvimento das instituições, construção do conhecimento, investimentos de longo prazo e inovações.

Todos os mitos devem ser derrubados. A questão do abastecimento de água é essencial à vida, desde seu consumo direto à todas as formas e usos que damos a ela. Na literatura, observa-se maior volume de dados referente à relação entre o abastecimento de água para população e as doenças de veiculação hídrica.

Segundo Cairncross e Feachem (1990), as principais doenças e infecções causadas via feco-oral por transmissão hídrica ou por falta de higiene são: diarreias e desenterias, febres entéricas (tifoide e paratifoide), poliomielite, hepatite-A,

leptospirose, ascaridíase e tricuriase. Os mesmos autores subclassificam as diarreias e disenterias em: disenteria amebiana, balantidíase, enterite *campylobacteriana*, cólera, diarreia por *Escherichia coli*, giardíase, diarreia por rotavírus, Salmonelose e disenteria bacilar.

Para mensurar o impacto do saneamento – ou sua falta – em uma comunidade, diversos trabalhos utilizam a morbidade por enfermidades diarreicas na população. Para Heller (1997)²⁸, este parâmetro é utilizado devido sua relevância sobre a saúde pública, a validade e confiança na medição, a capacidade de resposta às alterações sanitárias e pelo custo e viabilidade na determinação.

Heller (1997) afirma que a diarreia tem se mostrado um indicador adequado para mensuração dos impactos do saneamento. Entretanto, o mesmo autor retrará que há uma falta de outros indicadores para avaliação de maneira mais apropriada para as diferentes intervenções e estudos na área.

Em estudo estatístico na cidade de Juiz de Fora/MG, Teixeira e Heller (2005) observaram que a diarreia tem índice de ocorrência 2,5 vezes maior em população que consome água de mina ou nascentes, do que a população atendida pelo sistema público municipal. Os mesmos autores citam a revisão bibliográfica feita por Esrey *et al.* (1990)²⁹ relatando uma queda de 17% na morbidade por diarreia em locais onde houve melhoria no abastecimento de água.

Com enfoque na América Latina, Teixeira, Gomes e Souza (2012) observaram que o aumento da cobertura de saneamento– sistemas de abastecimento de água e coleta de esgoto – reduzem a mortalidade infantil, também relacionada com a taxa de crescimento populacional e investimento público no setor do saneamento³⁰.

Em assentamentos rurais onde não há infraestrutura adequada e condições sanitárias satisfatórias, é como não haver sistema de abastecimento de água público (MACEDO *et al.*, 2020) e, deste maneira, os e as habitantes buscam outras formas de abastecimento como poços rasos e nascentes, as quais são mais susceptíveis à contaminação, seja por problemas estruturais na vedação dos poço ou por

²⁸ Apud BRISCOE *et al.* (1986)

²⁹ Neste trabalho, foram revisados 144 artigos científicos publicados em todo o mundo.

³⁰ O estudo foi feito com base em dados secundários.

proximidade com fontes de contaminação, como fossas rudimentares e áreas de pastagem (FERREIRA; LUZ; BUSS, 2016).

Além da questão da qualidade, Razzolini e Günther (2008) exprimem a importância da quantidade de água suficiente para consumo, desde alimentação a higienização, favorecendo a saúde, principalmente em regiões de vulnerabilidade social, econômica e ambiental.

Como citado anteriormente, o consumo per capita de água de uma comunidade rural não se limita a 20 litros por pessoa por dia; muitas vezes, esse valor não leva em consideração outras necessidades básicas.

Para atender localidades pontuais e/ou pequenas demandas, é comum a utilização de poços artesianos para abastecimento de água, prática essa muito utilizada pelo INCRA em assentamento de reforma agrária (INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA - IPEA, 2013). Além do monitoramento contínuo da qualidade da água subterrânea – para comprovar sua potabilidade – se faz necessário monitorar a quantidade de água desses poços, para garantir a disponibilidade hídrica dos mananciais subterrâneos de onde é captada.

Trazendo este tema para São Carlos/SP, Perroni e Wendland (2008) abordaram a questão da disponibilidade hídrica subterrânea pelo nível potenciométrico de alguns poços na cidade – ressalta-se que o município de São Carlos abastece a maior parte da população que é atendida pelo serviço com água subterrânea, cerca de 53% da água aduzida (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO, 2012).

Os autores supracitados demonstram que a demanda de água captada, seja por poços do sistema público ou particulares, totalizam uma vazão de 2.282 m³/h e a recarga do aquífero, considerando a área do perímetro urbano, é de 1.099 m³/h, gerando um déficit de 1.183 m³/h. Apesar do cálculo ser um valor estimado, os autores constataam que o nível potenciométrico do aquífero vem se reduzindo ao longo dos últimos 35 anos, em 14 de 16 poços analisados à taxa de 0,9 m/ano.

Estes dados relevam um impacto ambiental no aquífero, tanto na questão tarifária, aumentado o custo de adução de água pelo rebaixamento do nível, à disponibilidade hídrica, podendo até perder completamente o recurso (HIRATA *et al.*, 2012).

Hirata *et al.* (2012) também constataam o mesmo fato – rebaixamento do nível potenciométrico – na área central de Araraquara/SP em poços de

abastecimento público, onde o abastecimento por água subterrânea é cerca de 55%, com relação à água superficial (PLANO MUNICIPAL DE SANEAMENTO BÁSICO, 2014).

Desta forma, evidencia-se a importância de servir a população com água de qualidade e quantidade necessária, em ressonância com todo o sistema de abastecimento de água do município, e de forma regional, para que não haja sobrecarregamento dos mananciais superficiais e subterrâneos utilizados.

3.4 Esgotamento sanitário

Segundo levantamento realizado pelo IPEA (2020), a partir dos dados do CadÚnico, para grupos tradicionais e específicos da zona rural³¹, o grupo de assentados de reforma agrária possui cerca de 70% dos domicílios que destinam esgoto a fossas rudimentares.

Fossa rudimentar é definida pelo IBGE (2011) como destinação do esgoto no solo – proveniente de pias, tanques, vaso sanitário, chuveiro, etc. –, sem a separação da parte sólida e que permita sua infiltração.

As fossas rudimentares também são conhecidas pelos nomes de fossa absorvente, fossa negra, fossa caipira e fossa simples. Como esclarecido por Figueiredo *et al.* (2019)³², o termo fossa negra vem sendo rechaçado por movimentos sociais por sua conotação pejorativa à raça/etnia do ser humano, e não

³¹ No documento, além da população assentada da reforma agrária, são levantados dados para indígenas, quilombolas, extrativistas, pescadores artesanais, ribeirinhos, agricultores familiares, nenhuma e outros grupos sobre aspectos da água e esgoto. Dentre os grupos específicos citados, a fossa rudimentar correspondeu sempre superior a 50% dos domicílios estudados, o que demonstra frequente uso desta forma de destinação do esgoto.

³² Neste trabalho, os autores trazem uma discussão sobre as fossas absorventes muito interessante, abordando aspectos econômicos, simplicidade e de acessibilidade, principalmente onde outras tecnologias não são acessíveis. Apesar de serem muitas vezes considerado precário, os autores relatam que este sistema é amplamente conhecido e utilizado e pode garantir a separação higiênica entre pessoas e suas excretas. Logo faz-se importante entender o contexto, a forma construtiva e as condições do local para garantir saúde pública em condições socioambientais específicas. Para maior compreensão do tema, recomenda-se a leitura deste artigo: “Fossa absorvente ou rudimentar aplicada ao saneamento rural: solução adequada ou alternativa precária?”, de Figueiredo et al. (2019), de acesso público pela revista DAE.

a cor; deste modo, os termos utilizados neste trabalho serão fossa rudimentar ou absorvente.

As fossas absorventes podem ter paredes revestidas ou não, desde que permitam infiltração do esgoto no solo (IBGE, 2011) e é essa infiltração que pode contaminar solos, lençóis freáticos e aquíferos, seja por bactérias, vírus, metais e nutrientes como amônia, nitrato, nitrito, sulfato, potássio, dentre outros (SILVA, 2009).

Isto se mostra mais preocupante no assentamento Nova São Carlos, visto que o solo arenoso favorece a infiltração e, conseqüentemente, facilidade dos contaminantes em atingir os corpos hídricos como lençóis freáticos – dos quais há captação para consumo humano no local – e córregos próximos, como o córrego São João, que é afluente do ribeirão do Feijão, o qual é utilizado como manancial de água para abastecimento da cidade de São Carlos.

Por conta da possível contaminação, é de comum prática, em zonas rurais, construir poços para captação de água em nível de solo superior às fossas para lançamento de esgoto. Entretanto, quando analisado espacialmente – e o assentamento Nova São Carlos se enquadra nesta análise –, locais com vários domicílios em níveis de solo diferentes, a parte inferior de um lote coincide com a parte superior de outro. Esse fato leva a problemas de segurança da qualidade da água e possíveis riscos atrelados a sua contaminação.

Na literatura, é evidente que a falta de tratamento do esgoto sanitário impacta diretamente na saúde pública na propagação de doenças, seja por via feco-oral ou por vetorização através de outros animais (COSTA; GUILHOTO, 2014).

Moraes (2007, p. 282) retrata a questão do saneamento e sua relação com saúde:

As enfermidades associadas à deficiência ou inexistência de saneamento ambiental e a conseqüente melhoria da saúde devido à implantação de tais medidas têm sido objeto de discussão em diversos estudos. Entre essas doenças, a diarreia e as doenças parasitárias, em particular, as verminoses, e mais recentemente, a desnutrição, têm merecido atenção de estudiosos e das autoridades sanitárias em todo o mundo

Oliveira, Leite e Valente (2015) evidenciam que medidas mitigadoras trazem benefícios econômicos e sociais, com relação à redução das doenças diarreicas e, conseqüentemente, à melhoria na qualidade de vida e redução dos gastos com saúde.

Costa e Guilhoto (2014), em avaliação econômica de fossas sépticas e tanque biodigestores no Brasil, mostram que intervenções na destinação do esgoto sanitário para tecnologias similares poderia prevenir, por ano, 250 mortes e 5,5 milhões de doenças infecciosas, principalmente diarreicas, somado a redução do lançamento de 129 mil toneladas, em demanda bioquímica de oxigênio, nos recursos hídricos, além da possibilidade de gerar cerca de 39 mil empregos.

Em 1997 em uma vasta revisão da literatura, Heller pode afirmar com segurança que intervenções em abastecimento de água e em esgotamento sanitário causam impactos positivos com relação a saúde dos usuários.

Deste modo, o próximo capítulo deste trabalho visa compreender e dimensionar tecnologias para tratamento do esgoto sanitário unidomiciliar oriundo de vasos sanitários, a fim de fornecer uma base teórica à população do assentamento Nova São Carlos para escolha da tecnologia que se enquadrar melhor em cada realidade.

4 CAPÍTULO 4 – AÇÕES MITIGADORAS

Neste capítulo, o objetivo principal é elencar e apresentar 5 diferentes formas de mitigar os impactos ambientais e sociais que as fossas rudimentares causam no assentamento Nova São Carlos, para a população que o habita.

Assim, as tecnologias elencadas serão discutidas quanto aos seus aspectos ambientais, sociais e econômicos, buscando adequar à realidade do assentamento.

Por fim, uma análise comparativa será apresentada em um quadro resumo, com intuito de auxiliar as moradoras e os moradores do assentamento na tomada de decisão entre qual tecnologia melhor se adequa a sua realidade.

4.1 Esgoto sanitário

O planejamento e ocupação das terras rurais, levando em consideração seus usos e aptidões, se feito de maneira sustentável, traz diversos benefícios para a qualidade de vida da população e, inerentemente, para proteção ambiental (GASPAR, 2003). Assim, questões sanitárias – neste trabalho, com enfoque em tratamento de águas de vaso sanitário – se tornam fundamentais e imprescindíveis para promoção de saúde e bem-estar.

Como relatam Coelho, Reinhardt e Araújo (2018, p. 802):

Ações relacionadas ao saneamento rural constituem uma forma de minimizar as emissões de cargas poluidoras, de conservar a qualidade dos recursos hídricos e de, conseqüentemente, desenvolver socioeconomicamente a região, uma vez que exercem impactos recíprocos (de caráter epidemiológico e ambiental).

Para Marcelino *et al.* (2020), são necessários estudos de disponibilidade de diferentes sistemas de tratamento para aplicação, a fim de obter o mais adequado para cada situação e que envolva a comunidade para melhor adesão. Para Marcelino *et al.* (2020, p. 1): “as pessoas tendem a resistir ao desconhecido e essa verdade é recorrente quando se envolve o meio ambiente e a saúde ambiental e humana”.

Desta forma, esta etapa do trabalho visa elencar alguns aspectos e características de diferentes tecnologias para tratamento, visando facilitar a escolha de cada morador e moradora do assentamento Nova São Carlos. Assim, não será estipulada “uma melhor tecnologia”, e sim, opções de escolhas para as famílias

assentadas, com base em custos, eficiência de tratamento, área requerida, número de moradores e frequência de manutenção.

Antes de iniciar os dimensionamentos, se faz necessário abordar as diferentes águas de efluentes domiciliares.

As águas residuárias domésticas podem ser divididas conforme seu uso, sendo denominada Águas de Vaso Sanitário (AVS) o efluente com maior carga de matéria orgânica, nutrientes e patógenos, proveniente dos vasos sanitários contendo fezes, urinas e papel higiênico, e Águas Cinzas (AC) advinda dos outros usos diversos no domicílio como pias, chuveiros, ralos e lavatórios, com maiores concentrações de sabão, detergentes e componentes químicos (FERNANDES *et al.*, 2019; FIGUEIREDO *et al.*, 2019; JABRI *et al.*, 2020; MELO, 2018; NUÑEZ *et al.*, 2014; OTTERPOHL, 2001; PALMQUIST; HANÆUS, 2005; PILZ; SATTLERDEL, 2004).

A AC pode corresponder de 50 a 82% do uso total na residência, contudo a AVS, mesmo gerada em menor volume, possui elevado potencial de contaminação e risco à saúde pela presença de nutrientes e patógenos (DEL PORTO; STEINFELD, 2000; GALBIATI, 2009).

Nota-se que tanto as AC quanto as AVS necessitam de tratamento adequado antes da destinação final do efluente e deve-se considerar as suas características físico-químicas específicas e os diferentes potenciais de contaminação. Caracterizações dos diferentes tipos de águas são apresentadas na Tabela 2; nota-se que os autores Gonçalves *et al.* (2006) e Rebouças, Bianchi e Gonçalves (2007) caracterizaram a água bruta de vaso sanitário e os autores Figueiredo *et al.* (2019) e Monteiro *et al.* (2015) caracterizaram a água cinza de domicílios localizados na zona rural dos municípios de Campinas/SP e Palhoça/SC, respectivamente.

Tabela 2 - Caracterização das águas de vaso sanitário

Variáveis	Unidade	Água de vaso sanitário		Águas cinzas	
		Gonçalves et al. (2006)	Rebouças, Bianchi e Gonçalves (2007)	Figueiredo et al. (2019)	Monteiro et al. (2015)
Amostra analisada	-	6 litros de água, sendo 250 ml de urina, fezes e papel higiênico		Mistura da água proveniente de cozinha, lavanderia, chuveiro e lavatórios	Mistura composta das águas cinzas geradas na residência
pH	-	7,5	7,84	6,0	8,3
Sólidos Suspensos Totais (SST)	mg.L ⁻¹	2296	2365	318	603
Demanda Química de Oxigênio (DQO)	mgO ₂ .L ⁻¹	6857	6619	1296	1025
Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO)	mgO ₂ .L ⁻¹	1757	1893	-	-
Nitrogênio Total Kjeldahl (NTK)	mgN.L ⁻¹	454	365	24,5	2,8
Fósforo Total (FT)	mgP.L ⁻¹	20,4	-	5,3	62,4
E. coli	NMP.100mL ⁻¹	-	-	-	5,16.10 ¹
Coliformes Totais	NMP.100mL ⁻¹	-	1,5.10 ⁹	5,2.10 ⁷	-

Fonte: Adaptado de Gonçalves et al. (2006), Rebouças, Bianchi e Gonçalves (2007), Figueiredo et al. (2019), Monteiro et al. (2015)

Na literatura, foram encontrados diversos estudos que caracterizam o esgoto sanitário, segregado entre águas cinzas e de vaso sanitário e misturadas. No entanto, poucos estudos focam na caracterização do esgotamento na zona rural. Além dessa problemática, como explicado por Gonçalves *et al.* (2006), as características do esgotamento sanitário variam de acordo com a água abastecida, costumes e cultura do local, dentre outros fatores que desfavorecem a utilização de uma caracterização única. Logo, os dados trazidos neste trabalho são usados para atribuir uma ordem de grandeza para os parâmetros, mas sem estimar as características para o esgoto das residências do assentamento Nova São Carlos – para uma análise mais profunda, seria necessária uma caracterização quanti/qualitativa em residências do assentamento.

Após caracterização do efluente gerado, deu-se início a busca por possíveis formas de realizar o tratamento de esgoto de vaso sanitário. Nesta etapa, cabe uma discussão sobre a acessibilidade e aceitabilidade das tecnologias, características estas que compõem o termo “tecnologia social”.

Na literatura, são elaboradas diversas definições para Tecnologia Social (TS), entretanto, como explicado por Santos Junior (2021)³³ em um breve quadro sobre o tema, o autor busca discutir “‘o que se quer dizer’ quando é convocada a noção de TS, seja enquanto um percurso de aprendizado, problematização e intervenção sobre condições geradoras de desigualdades socioambientais; seja como o desenvolvimento de alternativas tecnológicas de baixo custo elaboradas através da interação com a comunidade”.

Além da discussão elaborada por Santos Júnior (2021), outros trabalhos relevantes como de Dagnino (2014), Horst e Freitas (2016), Kapp e Cardoso (2013), dentre outros, trazem uma abordagem ampla sobre este conceito. Em suma, tecnologias sociais – ou as sócio técnicas (DAGNINO, 2002) – devem abranger e propiciar tecnologias que sejam ambientalmente adequadas, socialmente aceitas, economicamente viáveis, culturalmente apropriadas e politicamente acessíveis.

A seguir, serão retratadas 5 formas diferentes de realizar o tratamento de esgoto sanitário, com enfoque nas águas de vaso sanitário: sistema centralizado,

³³ Este trabalho foi escrito pelo Edmilson, ex-integrante do GEISA, e é um capítulo da cartilha elaborada pelo grupo em 2021. Para maiores detalhes, recomenda-se a leitura do texto.

banheiro seco, tanque séptico sequencial, tanque séptico e filtro anaeróbio e tanque de evapotranspiração.

Após levantamento das informações relevantes nos próximos tópicos, foram elencados critérios para comparação entre as tecnologias e explicitados em um quadro-resumo, o qual poderia ser precursor de uma possível cartilha destinada aos moradores e às moradoras do assentamento.

4.2 Sistema centralizado

Segundo diagnóstico realizado pelo GEISA no ano de 2017 (TAVER; VARISON; MONTAÑO, 2017), o assentamento constava com 82 famílias assentadas e a média de moradores por lote era de 4 a 5 habitantes. Logo, estima-se que a população do assentamento, em 2017, era próxima de 370 habitantes. Para efeito de dimensionamento, será estipulado um crescimento de 20% da população do assentamento, visto que seus lotes já estão demarcados e com moradores. Assim, considera-se para este estudo de caso a população de 444 habitantes

Como visto na caracterização, a população do assentamento é abastecida por diversos meios, sendo eles canalização, caminhão pipa, poço comum do assentamento e poço comum privado. Desta forma, é difícil realizar uma estimativa de vazão de esgoto gerada.

Considerando a realidade desigual quanto ao fornecimento de água no assentamento, adotou-se o valor de 120 L/hab.dia, pois, segundo Heller *et al.* (2010), é uma estimativa para populações desprovidas de ligações domiciliares.

Em estudo na zona rural, Coelho, Reinhardt e Araújo (2018) calcularam coeficientes de retorno que variam de 3,4 a 26,1% para domicílios não ligados a um sistema de abastecimento coletivo. Já os autores Horochoski, Wiecheteck e Vaz (2011), em área periurbana, obtiveram valor de 60% do coeficiente de retorno. Nota-se a discrepância do valor usualmente utilizado em zonas urbana (80%) e, como relatado por Coelho, Reinhardt e Araújo (2018), os motivos da diferença podem ser atribuídos à disponibilidade e acesso a água, hábitos culturais dos moradores, clima do local, dentre outros.

Em síntese, os valores de consumo de água, população e coeficiente de retorno foram 120 L/hab.dia, 444 habitantes e 60% (0,60), respectivamente. Com

estes valores, utilizou-se a Equação 1 para cálculo da vazão de esgoto gerado nos domicílios.

$$Q_G = C \times pop. \times C_R$$

Em que:

Q_G : Vazão de esgoto gerado (m^3/d);

C : Consumo per capita (L/d hab);

Pop : População (hab);

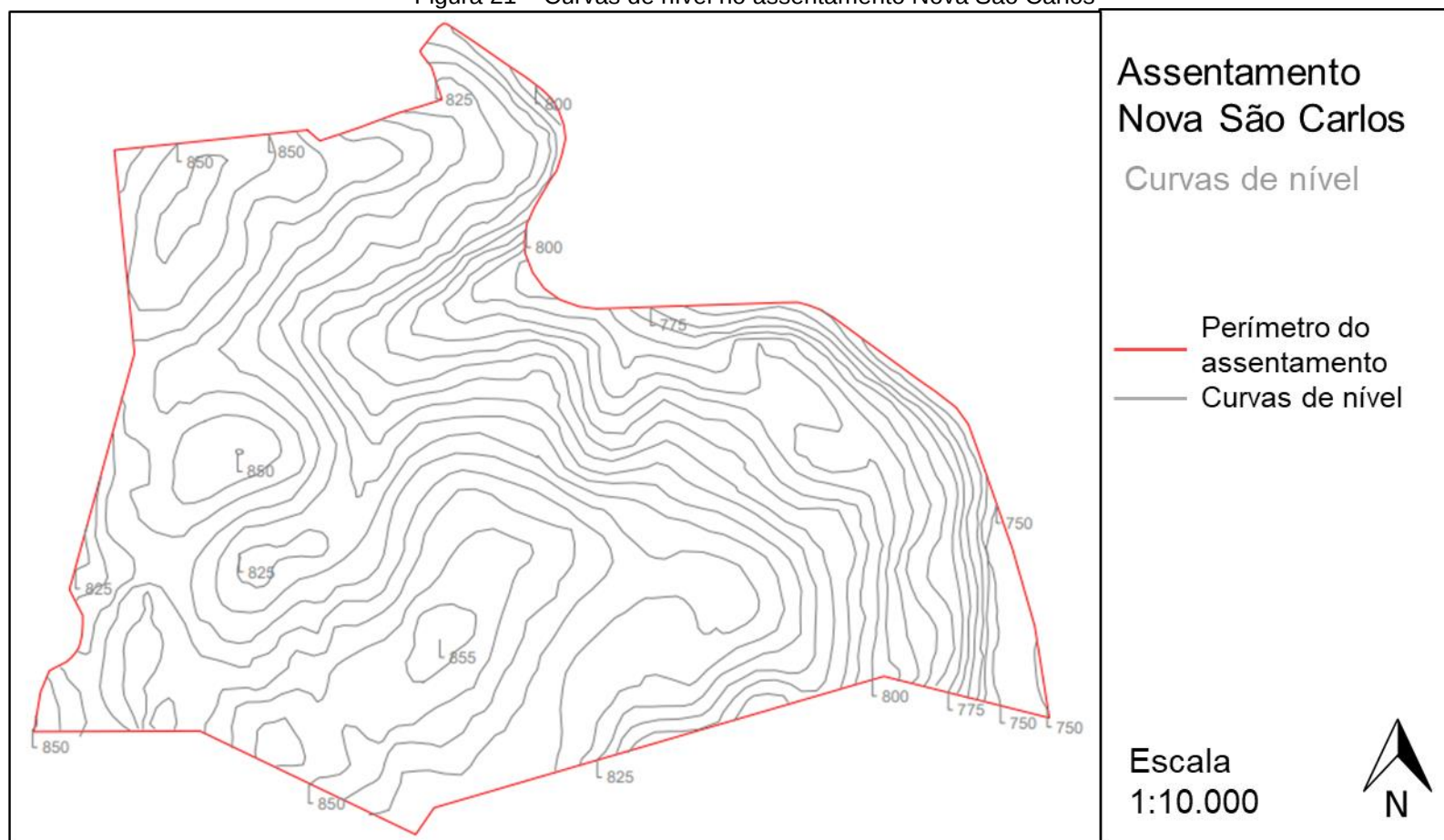
C_R : Coeficiente de retorno.

(1)

$$Qg = \frac{120 \times 444 \times 0,60}{1000} = 32,0 \, m^3/d \, (0,37 \, L/s)$$

Para estimar a vazão de infiltração, foi estipulado o traçado de coleta de esgoto de acordo com as curvas de nível do assentamento. As curvas de nível, bem como o traçado da rede coletora, a localização dos lotes, ruas e perímetro do assentamento são mostrados em Figura 21 a Figura 24.

Figura 21 – Curvas de nível no assentamento Nova São Carlos



Fonte: Adaptado de INCRA (2010)

Figura 22 – Divisão do assentamento Nova São Carlos



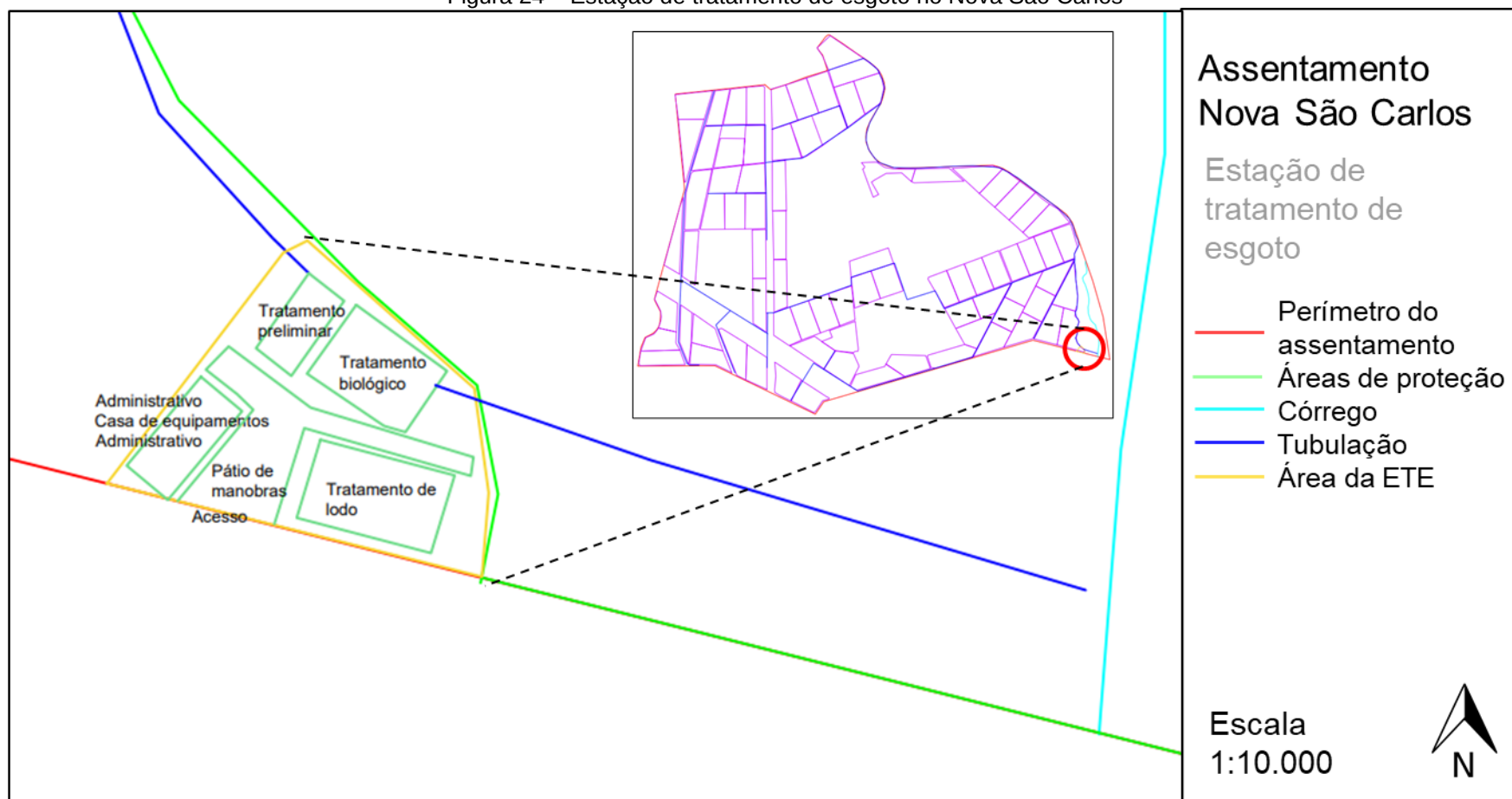
Fonte: autoria própria

Figura 23 – Sistema de coleta de esgoto no Nova São Carlos



Fonte: autoria própria

Figura 24 – Estação de tratamento de esgoto no Nova São Carlos



Fonte: autoria própria

A malha de coleta de esgoto sanitário possui comprimento estimado de 22,02 km de extensão em material PVC de 100 mm. A extensão relativamente grande da rede pode ser um indicativo de inviabilidade econômica, entretanto, outros fatores como aspectos ambientais e sociais também devem ser levados em consideração.

Segundo a NBR 9649/1986 (ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT, 1986), a taxa de infiltração pode variar de 0,01 L/s.km a 0,5 L/s.km. Como a tubulação de coleta é de material PVC, a infiltração é baixa, assim, foi considerada a menor taxa de infiltração proposta na norma de 0,01 L/s.km. Assim, a vazão de infiltração total é de 0,22 L/s. A elevada vazão de infiltração que dilui o esgoto bruto pode prejudicar a etapa de tratamento, visualizando por aspectos ambientais desta tecnologia.

Desta forma, a vazão total adotada para estudo de caso é de 0,59 L/s. O cálculo de estimativa da carga gerada e concentração do esgoto gerado e no esgoto diluído é apresentado na Tabela 3.

Tabela 3 – Estimativa da caracterização do esgoto gerado no assentamento Nova São Carlos

Parâmetro		Contribuição per capita (g/hab d)	carga total (kg/d)	concentração bruto (mg/L)	concentração bruto diluído (mg/L)
Sólidos	Suspensos	60	26,64	833,3	522,4
	Dissolvidos	120	53,28	1666,7	1044,8
Matéria orgânica	DBO 5	50	22,2	694,4	435,4
	DQO	100	44,4	1388,9	870,7
Nitrogênio	Orgânico	3,5	1,554	48,6	30,5
	Amônia	4,5	1,998	62,5	39,2
Fósforo	Orgânico	0,8	0,3552	11,1	7,0
	Inorgânico	1,7	0,7548	23,6	14,8
Alcalinidade	-	25	11,1	347,2	217,7
pH	-	-	-	-	7

Fonte: Adaptado de Von Sperling (1996)

Na esfera nacional, vale a resolução CONAMA nº430/2011 a qual estipula que esgotos sanitários devem ser lançados em corpos hídricos, desde que a DBO₅ não ultrapasse 120 mg/L ou o tratamento remova, pelo menos 80% deste parâmetro. Entretanto, pelo assentamento estar no estado de São Paulo, o lançamento deve atender o Decreto 8468 de 8/9/1978, o qual é mais restritivo e considera o valor máximo de 60 mg/L de DBO₅, além de outros parâmetros como metais, temperatura, pH, etc. Além destes parâmetros, a classe do corpo receptor

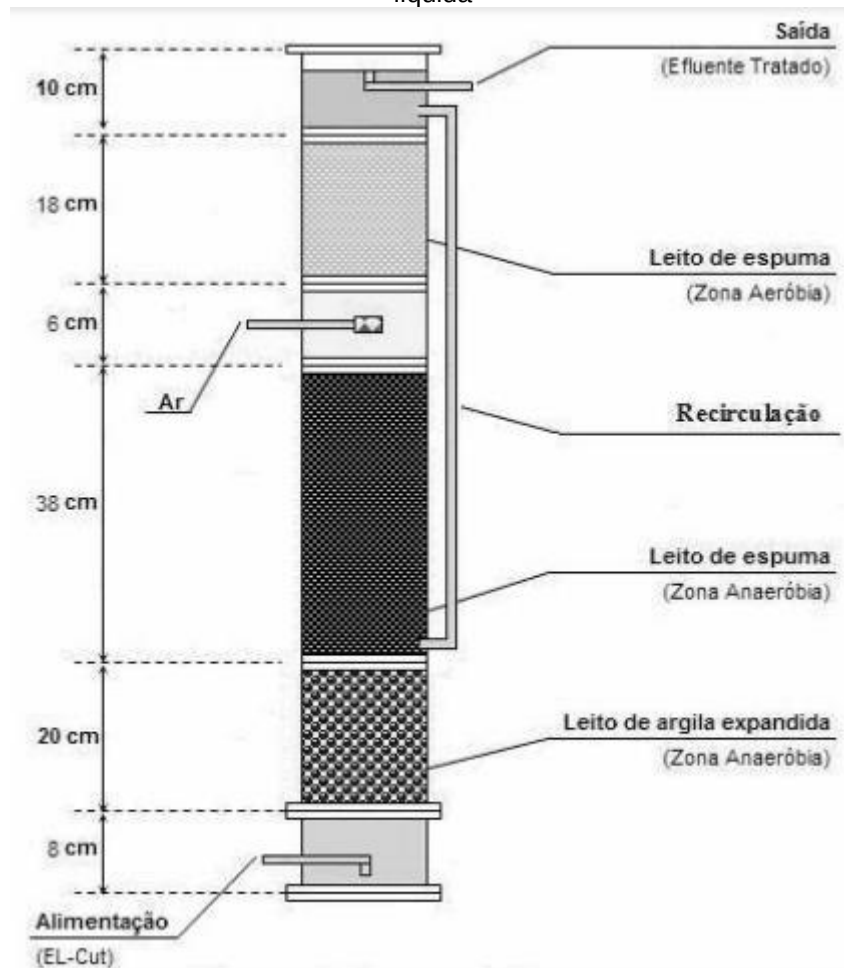
deve ser considerada, seguindo o Decreto estadual – SP 10744 de 1977 e a Resolução CONAMA 357/2005.

Mesmo em caso de atendimento à legislação, recomenda-se o tratamento do efluente para reduzir os impactos gerados na destinação final do efluente. Assim, para promover o tratamento, faz-se necessário realizar o tratamento primário para remoção de sólidos grosseiros e areia e, em seguida, o tratamento secundário e terciário para remoção de matéria orgânica e nutrientes, respectivamente.

Visando a remoção de matéria orgânica e nutrientes na mesma etapa de tratamento, será dimensionado o reator combinado de leito fixo (RCLF) proposto por Oliveira Netto, em seu trabalho de doutorado, com intuito de promover o tratamento de esgoto sanitário de pequenas comunidades.

Para isso, o reator foi modelado alternando ambientes anaeróbio, anóxico e aeróbio, de fluxo ascendente, meio suporte fixo para fixação da comunidade bacteriana e recirculação da fase líquida, como mostra a Figura 25.

Figura 25 – Reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo e escoamento vertical com recirculação da fase líquida



Fonte: Oliveira Netto (2007)

O autor operou o reator em escala piloto por 284 dias, alimentado com esgoto real; os resultados de remoção dos compostos, bem como características gerais do reator, são apresentados na Tabela 4. Na mesma Tabela é apresentada a adaptação do reator piloto para o presente estudo de caso, considerando 4 reatores, 2 em paralelo e 2 em série.

Tabela 4 – Estimativa de tratamento no estudo de caso

Parâmetro	RCLF		Estudo de caso		
	unidade	valores	unidade	valores (saída do módulo 1)	valores (saída do módulo 2)
Volume por reator	litros	2500	litros	3000	
número de reatores	-	1	-	2	2
vazão	L/s	0,05787	L/s	0,5902 (0,2951 por módulo)	
TDH	h	12	horas	12	12
r	-	3	-	3	3
pH ent-sai	-	6,8 - 7,2	-	7,0-7,4	7,0-7,4
consumo de alcalinidade	%	37	mg CaCO ₃ /L	138,1	87,6
remoção NT	%	55	mg/L	31,3	14,1
remoção N-amoniaco	%	68	mg/L	12,5	4,0
remoção DQO	%	92	mg/L	69,7	5,6
remoção sólidos	%	71	mg/L	454,5	131,8

Fonte: Adaptado de Oliveira Netto (2007)

Desta forma, os aspectos sociais e ambientais legais serão atendidos. Entretanto, ressalta-se a necessidade de averiguar a capacidade do corpo receptor em receber o esgoto tratado, desde sua vulnerabilidade ambiental até a realização do cálculo de Streeter-Phelps para conhecimento do poder de autodepuração do rio em decorrência do lançamento.

E, por fim, estima-se os custos envolvidos na construção da rede coletora, da estação de tratamento e operacional. Os custos da implantação da rede coletora são apresentados na Tabela.

Tabela 5 – Estimativas de custo para construção do sistema

Parâmetro	unidade	valor unitário ¹	Quantidade	Valor total
custo de escavação	R\$/m ³	20	4404	88.080
Tubulação PVC 100 mm	R\$/3m	40	7340	293.600
junções	R\$/un	30	20	600
Reatores	R\$/un	4000	4	16.000
Preliminar	R\$/un	5000	1	5.000
Leito de secagem	R\$/un	2000	1	2.000
Total	R\$	-	-	405.280
Preço por lote	R\$/lote	-	-	4.942,434

¹ Valores obtidos por busca na internet em julho de 2021

Fonte: Autoria própria

Além dos gastos de implementação, esta tecnologia necessita de acompanhamento especializado e energia elétrica para manter as bombas e aeradores em funcionamento, além de gastos para manutenção geral do sistema. Estes gastos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – custos de manutenção do sistema

<i>Parâmetro</i>	<i>Valor mensal (R\$)¹</i>
<i>Mão de obra</i>	<i>880</i>
<i>Energia</i>	<i>200</i>
<i>Manutenção</i>	<i>300</i>
<i>Total</i>	<i>1.380</i>
<i>Custo por lote</i>	<i>16,83</i>

¹ Valores obtidos por busca na internet em julho de 2021

Fonte: Autoria própria

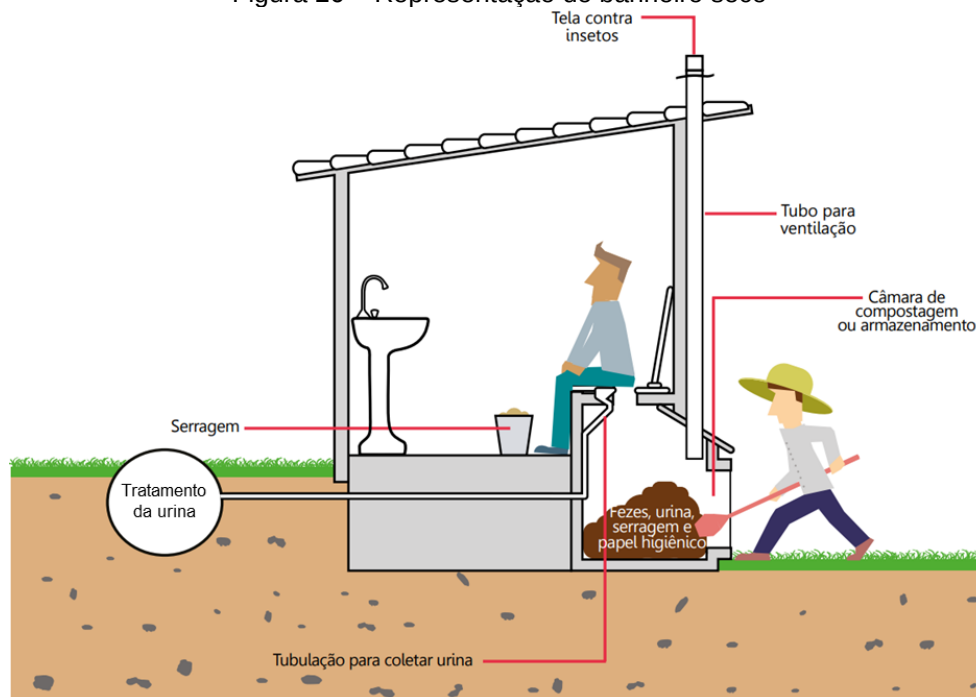
Ressalta-se que, para essa opção ser implementada, a grande maioria das pessoas do assentamento devem optar por esta tecnologia, visto que só é viável em caso de adesão por todos e todas.

4.3 Banheiro seco

Esta tecnologia será a única discutida neste trabalho que não é necessário o uso de água para veiculação das excretas. Segundo Tonetti *et al.* (2018), este método é recomendado para locais em que há escassez hídrica, além de proporcionar condições para compostagem do material e sua reutilização como adubo para plantações.

Idealmente, o banheiro seco possui um método de separação entre as fezes das urinas, seja por bandeja deslizante ou formatação da bacia sanitária. Ademais, os reservatórios de fezes e urina devem ser de fácil acesso para realizar a manutenção necessária. A Figura 26 mostra uma representação do banheiro seco.

Figura 26 – Representação do banheiro seco



Fonte: Adaptado de Tonetti *et al.* (2018)

Para Viana *et al.* (2020), este método de tratamento possui diversas vantagens como: (1) eficaz na promoção de saúde, (2) economia de água, (3) redução da contaminação de lençóis freáticos e aquíferos, (4) baixo custo de construção e manutenção e (5) geração de adubo. Entretanto, as mesmas autoras relatam desvantagens desta tecnologia como: (1) barreira cultural para aceitação do método, (2) complexidade para adaptação às pessoas com dificuldade de locomoção, (3) poucos estudos na literatura e (4) necessidade de capacitação para uso.

Viana *et al.* (2020) também retratam como desvantagens a baixa confiabilidade na eficácia do banheiro e divergências quanto ao tempo de compostagem. Referente ao tempo de compostagem, segundo o Centro de Estudos e Promoção de Agricultura de Grupo/CEPAGRO (2013), 1 ano é suficiente para encerrar o processo e utilizar o adubo em plantações. Quanto a confiabilidade da eficácia do tratamento, em estudo realizado por Joao Fontes Lopes Neto, Ana Del Vale, Giovana Spinelli Negro, Juliana Takara E Kevin Yukihiro Goya, na disciplina “poluição ambiental 2”, ministrada pelo professor Davi Gasparini Fernandes Cunha, os alunos e as alunas realizaram uma comparação entre terra vegetal comercial, e dois compostos de banheiro seco, um retirado da ONG Veracidade e outro de um

lote do assentamento Nova São Carlos (projeto com atuação em conjunta com o GEISA). Os resultados obtidos são apresentados na Tabela 6.

Tabela 6 – Comparação entre terra vegetal comercial e compostos de banheiro seco da ONG Veracidade e do assentamento Nova São Carlos

<i>Parâmetros</i>	<i>Unidade</i>	<i>Terra vegetal comercial</i>	<i>Composto da ONG Veracidade</i>	<i>Composto do assentamento Nova São Carlos</i>
<i>Matéria orgânica</i>	<i>mg/g de composto</i>	<i>2,24</i>	<i>2,41</i>	<i>1,73</i>
<i>Nitrogênio Total Kieldahl (NTK)</i>	<i>mg/g de composto</i>	<i>1,42</i>	<i>10,61</i>	<i>1,79</i>
<i>Fósforo total</i>	<i>mg/g de composto</i>	<i>6,18</i>	<i>6,61</i>	<i>5,79</i>
<i>Coliformes totais</i>	<i>-</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>
<i>Escherichia coli</i>	<i>-</i>	<i>Presente</i>	<i>Presente</i>	<i>Ausente</i>

Fonte: Cunha *et al.* (2018)

Esta tecnologia necessita de atenção para que não haja mau cheiro no banheiro. Para isso, é necessário haver estoque de serragem ou algum material orgânico seco para diminuir a umidade no local de armazenamento das fezes. Quanto a urina, deve ser armazenada em local próprio e pode ser diluída e aplicada como adubo em plantações, seguindo as recomendações propostas por Tonetti *et al.* (2018).

Sousa (2014), em seu trabalho de mestrado, estudou a implementação de banheiro seco na zona rural da Região de Planejamento do Baixo Munim-MA. O valor estipulado para construção, considerando a câmara de compostagem (que pode ser alterada com bombonas ou outros recipientes), o abrigo e decoração foi de 1.597,00 reais. Valores similares, variando entre 1.000 e 2.500 reais foram encontrados na literatura para construção do banheiro seco (PORTO, 2016; SMITH, 2015).

4.4 Tanques sépticos sequenciais

Para remoção de contaminantes de esgoto sanitário, principalmente matéria orgânica, são utilizados microrganismos anaeróbios para degradação dos compostos carbônicos, gerando lodo e gases.

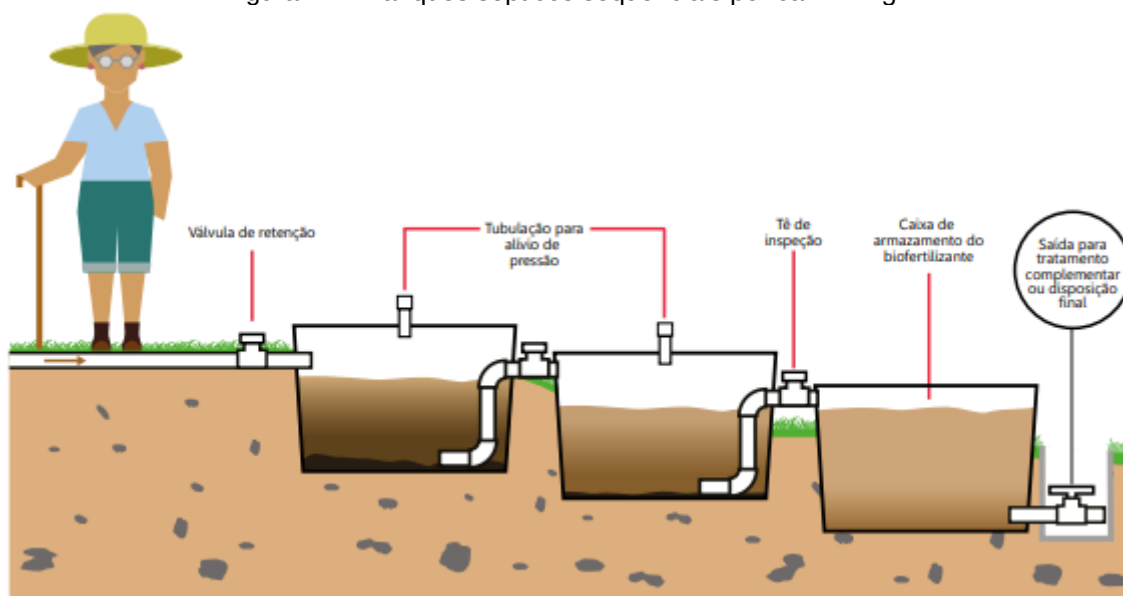
Aplicando esse conhecimento para tratamento de esgoto unidomiciliar, Antônio Pereira de Novaes, pesquisador da EMBRAPA, criou o sistema de “fossa séptica biodigestora”, aplicada pela primeira vez em 2001, na cidade de Jaboticabal (EMBRAPA, 2013).

Segundo Leonel, Martelli e Silva (2013), o sistema consiste na utilização de caixas de fibrocimento, fibra de vidro ou equivalente, locais onde ocorre as reações de degradação anaeróbica da matéria orgânica. As mesmas autoras e autor relatam a necessidade de se adicionar esterco bovino³⁴ como inóculo de bactérias responsáveis pelo tratamento, ao menos 1 vez ao mês.

Ao final do processo, o efluente final pode ser utilizado como biofertilizante, em substituição ao nitrogênio sintético (VALERIANO *et al.*, 2018). Tonetti *et al.* (2018) realça a necessidade de utilização de equipamentos de segurança para manejo deste efluente, visto que contaminantes podem estar presentes.

O sistema com 3 caixas d'água de plástico (Figura 27), com 1.000 litros cada, possui capacidade para atender uma residência de até 7 pessoas (OTENIO, 2014). Segundo Palma (2018), 70% da remoção dos microrganismos³⁵ ocorre na primeira caixa, enquanto 30% ocorrem na segunda. A terceira caixa é utilizada como armazenamento do efluente tratado para uso como biofertilizante.

Figura 27 – Tanques sépticos sequenciais por caixa d'água



Fonte: Tonetti *et al.* (2018)

³⁴ Segundo Da Silva, Faustino e De Novaes (2007), outros esterco como de ovino não garantem a mesma eficiência de tratamento, desde remoção de compostos físico-químicos a diminuição de coliformes termotolerantes.

³⁵ Os principais microrganismos removidos neste sistema são coliformes totais, coliformes termotolerantes, helmintos e *Escherichia coli* (SOARES, 2016; LOTFI, 2016; PALMA, 2018)

Em estudo com 7 fossas sépticas biodigestoras (modelo da EMBRAPA), implementadas pelo projeto “Plantando águas” da ONG Iniciativa Verde, Lotfi (2016) analisou a eficiência de tratamento para remoção de alguns parâmetros físico-químicos e microbiológicos. Os resultados de eficiência de remoção obtidos pelo autor foram: 73,2 % para DBO, 98,1% para *E.coli*, 96,1% para coliformes totais, 37,0% para fósforo e 43,0%³⁶ para NTK.

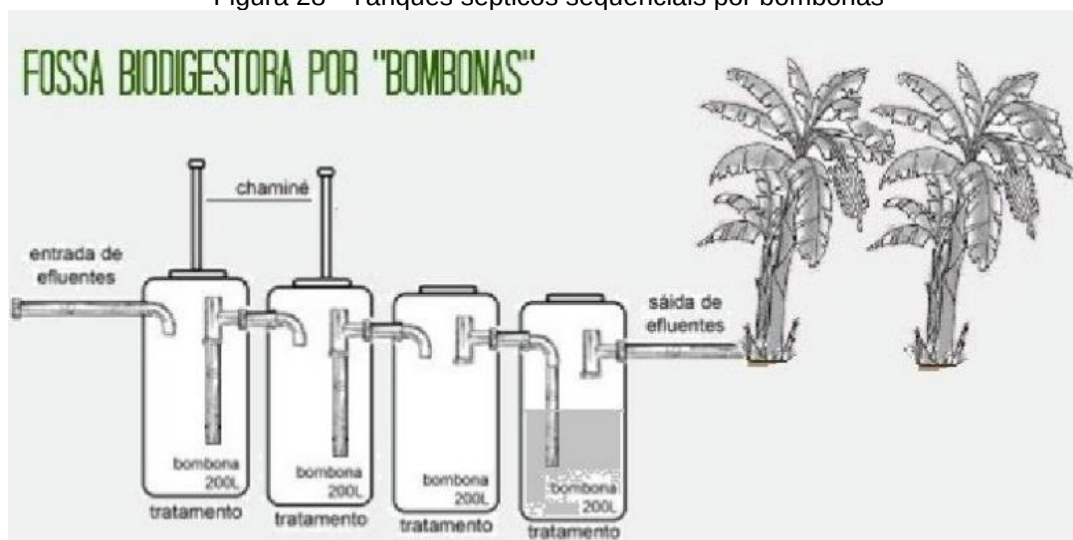
Segundo a Embrapa (2013), o custo de implementação desta tecnologia é cerca de 1.500 reais, podendo variar pela localidade, mão de obra disponível e acesso a recursos e materiais.

Com intuito de baratear os custos e promover o tratamento do esgoto, na literatura é relatado o uso de fossas sépticas econômicas, as quais utilizam bombonas (recipientes com tampa-rosca, geralmente de 200 litros) no lugar das caixas d’água (ou similar), como elaborado pela EMBRAPA.

Postigo *et al.* (2017), afirmam que esta tecnologia poderia tratar o esgoto em 80% para remoção de matéria orgânica de uma família com máximo de 4 pessoas, utilizando 3 ou 4 bombonas em série, como apresentado na Figura 28. Entretanto, os autores e as autoras deste estudo não relataram grandes eficiências de remoção de matéria orgânica, atingindo apenas 47,6%, relatando que o sistema ainda estava em fase de adaptação (apenas 60 dias desde a partida) e, para o cálculo de eficiência, foi coletado o efluente da primeira bombona – o que diminuiria o valor de remoção global do sistema, visto que grande parte da remoção ocorre justamente na primeira bombona.

³⁶ Resultado apenas das fossas que apresentaram remoção deste parâmetro; as outras 4 fossas analisadas naquele momento, não apresentaram remoção de nitrogênio total Kjeldahl.

Figura 28 - Tanques sépticos sequenciais por bombonas



Fonte: Bugelli e Felicio (2019)

Em análise de 3 fossas sépticas econômicas no assentamento Nova São Carlos em 3 momentos diferentes, Palma (2018) obteve resultados similares de Postigo *et al.* (2017), quanto à remoção de matéria orgânica (DBO), atingindo valor de 52% e média de 42%, para as coletas que apresentaram remoção deste parâmetro.

Com valores mais animadores, Bugelli e Felicio (2019)³⁷, relataram valores de até 83% de remoção de DQO em fossas sépticas biodigestoras por bombonas, além da remoção de 56% de fósforo e 70% de nitrogênio total.

Segundo Bugelli e Felicio (2019, p. 86)³⁸, “costumes alimentares das famílias, hábitos sanitários, assiduidade na inserção de estrume bovino no sistema, número de pessoas acima do ideal previsto para o sistema, mesmo que somente em fins de semana, entre outros” podem influenciar significativamente na eficiência do tratamento. Desta forma, esta tecnologia, se bem monitorada e operada, pode promover um tratamento eficiente do esgoto gerado.

Palma (2018), com base nos dados da prefeitura de Pindamonhangaba, relata que o custo de instalação do sistema econômico pode ficar em torno de 150 reais, em 2018, com 3 bombonas em série.

³⁷ Apud CUNHA *et al.* (2016)

³⁸ Este estudo foi publicado por duas ex-integrante do GEISA, publicado na revista Tecnologia e Sociedade, após apresentação do trabalho no ENEDS (Encontro Nacional de Engenharia e Desenvolvimento Social).

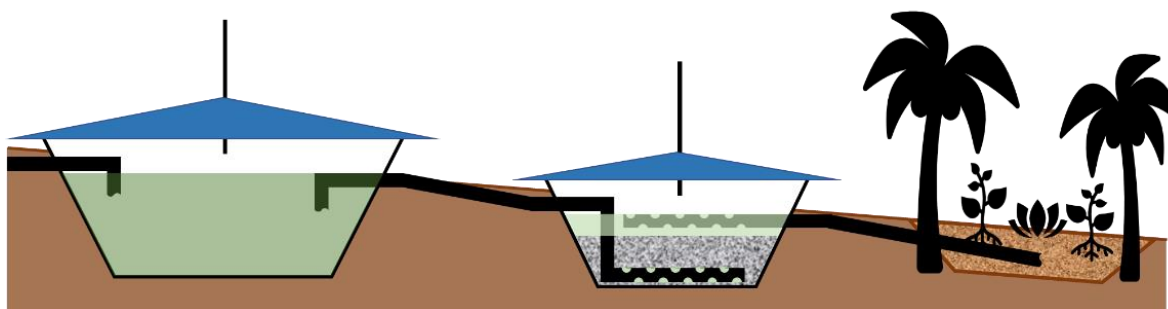
Apesar de Postigo *et al.* (2017) relatarem que as fossas econômicas podem tratar esgoto de até 4 pessoas, neste estudo, esta tecnologia será recomendada para casas com 1 ou 2 pessoas, visando garantir aspectos ambientais de remoção de poluentes.

4.5 Tanque séptico e filtro anaeróbio

A tecnologia de tanque séptico, seguido de filtro anaeróbio, possui o mesmo princípio de digestão anaeróbia para degradar a matéria orgânica presente no esgoto de vasos sanitários.

Assim como a fossa séptica econômica, o filtro anaeróbio também foi aplicado no assentamento Nova São Carlos pelo GEISA (tecnologia apresentada na Figura 29). As principais diferenças desta tecnologia para a fossa da EMBRAPA é a necessidade de apenas 2 caixas d'água (ou estrutura similar) e, na segunda caixa, preenchida com algum material como meio suporte para favorecer a fixação dos microrganismos que degradaram a matéria orgânica (DE MARQUE *et al.*, 2021³⁹).

Figura 29 - Representação do tanque séptico seguido por filtro anaeróbio



Fonte: De Marque *et al.* (2021)

Segundo a norma NBR 13.969/97 (ABNT, 1997), o filtro anaeróbio, em conjunto com tanque séptico, pode remover de 40 a 75% de DBO, 40 a 70% de DQO, 60 a 90% de sólidos suspensos e superior a 70% de sólidos sedimentáveis⁴⁰.

³⁹ Este estudo também foi publicado por ex-integrantes do GEISA, na revista Retratos de Assentamento – após participação do Simpósio promovido pela UNIARA –, junto com o professor Marcel Fantin, grande apoiador do grupo para promover a extensão universitária.

⁴⁰ Os limites inferiores e superiores correspondem, respectivamente, às temperaturas abaixo de 15 °C e acima de 25 °C

Com aplicação de diferentes meios suporte (anéis de plástico, brita e espuma), Avila (2005) averiguou a eficiência de remoção de matéria orgânica em sistema fossa-filtro. A autora constatou remoções de 74 e 67% para DQO e DBO, respectivamente, utilizando brita como meio suporte. Para sólidos suspensos totais, suspensos fixos e suspensos voláteis, a remoção foi superior a 90%.

Gomes (2015) operou um sistema de tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia, com casca de coco como meio suporte no filtro anaeróbio. A remoção de DQO global do sistema foi de 81% e apenas com filtro anaeróbio foi de 51%.

A autora relatou problemas de rápida colmatção do filtro de areia, provavelmente devido ao crescimento microbiano. Ademais, Gonçalves *et al.* (2001) não recomendam materiais suportes que não sejam inertes, pois estes podem ser tóxicos aos microrganismos, além de poder ser atacados pelas próprias bactérias.

Quanto ao custo de instalação, em 2019, o GEISA e os assentados construíram a tecnologia no assentamento Nova São Carlos, totalizando em torno de 1.700 reais – ressalta-se que, apenas as caixas d'água, custaram 1.200 reais, maior porcentagem do custo total de implementação ⁴¹.

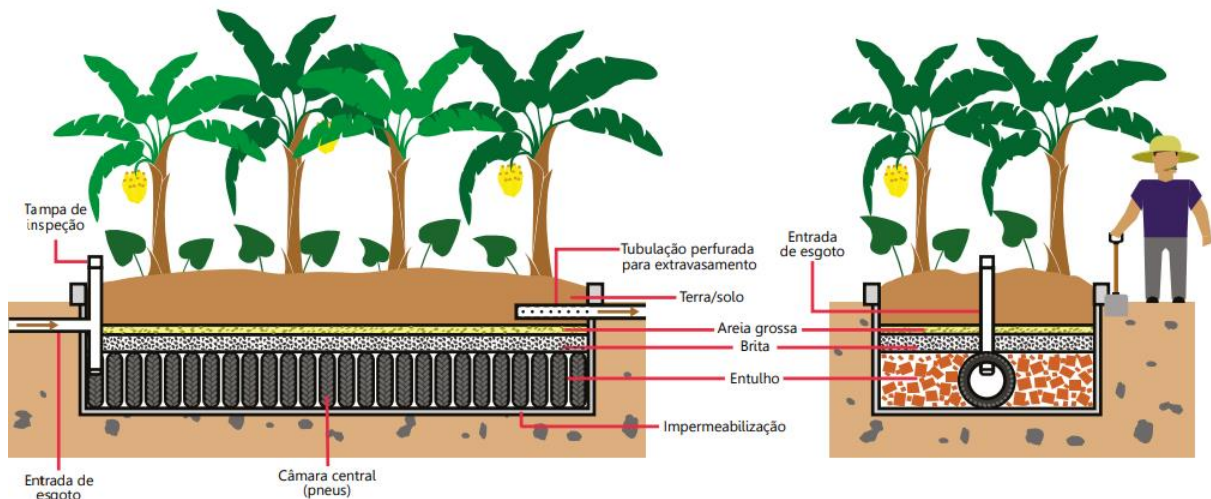
4.6 Tanque de evapotranspiração

A última tecnologia para tratamento de águas de vaso sanitário que será abordada neste trabalho⁴² é o tanque de evapotranspiração (também conhecida como fossa verde, bacia de evapotranspiração, fossa bioséptica, fossa de bananeira, ecofossa, dentre outros), representado na Figura 30. Esta tecnologia é constituída por um tanque impermeabilizado, preenchido com camadas de diferentes materiais e, ao topo, com plantas que necessitam elevada quantidade de água (OLIVEIRA *et al.*, 2018).

⁴¹ Este valor foi arcado pela coordenação do curso (CoC) da Engenharia Ambiental da EESC. Realça-se a relevância da CoC no auxílio da promoção da extensão universitária, ajudando a custear um projeto de saneamento rural, realizado pelos alunos e pelas alunas integrantes do GEISA.

⁴² Há diversas outras tecnologias para tratamento de esgoto sanitário em áreas rurais, como as abordadas no livro “tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas, referencial para a escolha de soluções” de Tonetti *et al.* (2018), entretanto, devido às limitações de tempo de um Trabalho de Graduação, foi limitado em apenas 5 tecnologias diferentes.

Figura 30 – Representação do tanque de evapotranspiração



Fonte: Tonetti *et al.* (2018)

Diversos estudos relatam esta tecnologia como uma alternativa viável para tratamento de esgoto, não apenas em zonas rurais, mas também em zonas urbanas e periurbanas (FERNANDES *et al.*, 2015; FIGUEIREDO *et al.*, 2019; GALBANDI, 2009; VIEIRA; FERREIRA, 2016)

Figueiredo *et al.* (2019, p. 116)⁴³, explica o funcionamento do tanque de evapotranspiração como:

O efluente entra no sistema pela câmara localizada na parte inferior do tanque, permeando, em seguida, as camadas de material filtrante, onde ocorre a digestão anaeróbia. Com o aumento do volume de esgoto, o efluente em processo de tratamento passa a preencher também as camadas superiores até atingir a areia e o solo através da qual se move por ascensão capilar até a superfície onde espécies vegetais selecionadas são plantadas. Por meio da evapotranspiração, a água é eliminada do sistema, enquanto os nutrientes são incorporados à biomassa dos vegetais.

Como este sistema não possui efluente, não é possível realizar uma análise de eficiência de tratamento. Entretanto, justamente por não gerar efluentes, esta tecnologia possui tempo de vida limitado, com cerca de 5 anos (COELHO; REINHARDT; ARAÚJO, 2018), de acordo com o dimensionamento realizado, para realizar a manutenção do sistema (limpeza e/ou troca dos materiais).

Segundo Capitó *et al.* (2020), um tanque de evapotranspiração de 10 m³ pode custar, em média, entre 1.300 e 2.000 reais, o qual atende uma residência com 5 moradores fixos. Figueiredo *et al.* (2019) adotaram 1,50 m² por morador, com

⁴³ Apud Galbiati (2009)

profundidade do tanque de 1,30 m – composto por entulho grosseiro/caco de telha (0,55 m), brita 1 (0,20 m), areia grossa (0,15 m) e solo (0,40 m).

Em 2017, o GEISA implementou esta tecnologia com 10 m³ no assentamento Nova São Carlos e o custo total dos materiais para a construção foi de 1.220 reais. Ressalta-se que, nesta ocasião, foi instalado uma caixa d'água⁴⁴ antes da destinação ao tanque de evapotranspiração, com intuito de remover parte da matéria orgânica por digestão anaeróbia.

4.7 Comparação das tecnologias

Com intuito de apresentar e elucidar as diferentes tecnologias para tratamento de esgoto para os moradores e para as moradoras do assentamento Nova São Carlos, faz-se necessário compará-las entre suas diferentes características, variáveis e princípios.

Para realizar este tipo de comparação, Tonetti *et al.* (2018) abordaram os seguintes critérios:

- Tipo de esgoto a ser tratado;
- Necessidade de pré-tratamento;
- Tipo de sistema (unifamiliar ou semicoletivo);
- Área necessária (para atender 5 residentes);
- Eficiência de remoção de matéria orgânica;
- Frequência de manutenção;
- Remoção de lodo; e
- Custos (estimados em 2018).

Tonetti *et al.* (2018) compararam 15 tecnologias diferentes, das quais são capazes de tratar diferentes tipos de água, que necessitam – ou não – de pré-tratamento e que podem atender mais de uma residência. Os tópicos apresentados pelos autores e pelas autoras são relevantes e servirão como base para elaboração de um quadro-resumo das tecnologias abordadas no atual trabalho.

⁴⁴ A caixa d'água utilizada foi uma doação da Comissão do Curso (CoC) da Engenharia Ambiental. Outra vez, realça-se a importância da CoC no auxílio da promoção da extensão universitária, através do GEISA.

Outro trabalho que buscou analisar diferentes tecnologias de tratamento de esgoto sanitário foi da Martinetti (2015). Com base no trabalho de Yuba (2005), a autora elencou critérios para definição da tecnologia, projeto, construção e uso, operação e manutenção, que abrangem a perspectiva da sustentabilidade em 5 dimensões: ambiental, econômica, social, cultural e política. A análise sintetizada da autora é apresentada no Quadro 1.

Quadro 1 – Síntese dos critérios para comparação das tecnologias de tratamento de esgoto

ETAPA DA DECISÃO	VARIÁVEIS E PRINCÍPIOS DA SUSTENTABILIDADE				
	DIMENSÃO AMBIENTAL	DIMENSÃO ECONÔMICA	DIMENSÃO SOCIAL	DIMENSÃO CULTURAL	DIMENSÃO POLÍTICA
Definição	- Componentes; - Materiais constituintes. - Área necessária para implantação. - Produção de odores. - Presença de insetos e vermes. - Eficiência na remoção de DBO.	- Custo de implantação. - Custo de operação. - Geração de emprego e renda.	- Área necessária para implantação. - Número de domicílios atendidos. - Complexidade construtiva. - Operação e manutenção; - Presença de insetos e vermes. - Riscos à saúde.	- Operação e manutenção. - Complexidade construtiva. - Produção de odores. - Grau de aceitação da tecnologia.	- Processo participativo de escolha e tomada de decisão (todas as variáveis).
Projeto	- Componentes; - Materiais constituintes - Área necessária para implantação.	- Custo de implantação.	- Área necessária para implantação. - Número de domicílios atendidos. - Complexidade construtiva.	- Complexidade construtiva. - Grau de aceitação da tecnologia.	- Processo participativo de escolha e tomada de decisão (todas as variáveis).
Construção	- Componentes. - Materiais constituintes. - Área necessária para implantação	- Custo de implantação. - Geração de emprego e renda.	- Área necessária para implantação. - Número de domicílios atendidos. - Complexidade construtiva - Riscos à saúde.	- Complexidade construtiva.	- Processo participativo de escolha e tomada de decisão (todas as variáveis).
Uso, operação e manutenção	- Produção de odores - Presença de insetos e vermes. - Eficiência na remoção de DBO.	- Custo de operação. - Geração de emprego e renda.	- Operação e manutenção. - Presença de insetos e vermes. - Riscos à saúde	- Operação e manutenção. - Produção de odores.	- Processo participativo de escolha e tomada de decisão (todas as variáveis).

Fonte: Adaptado de Martinetti (2015)

Os principais critérios apresentados por Martinetti (2015), que auxiliam no processo de comparação entre as diferentes tecnologias foram:

- Dimensão ambiental:
 - Componentes;
 - Materiais constituintes;
 - Número de domicílios atendidos;
 - Eficiência na remoção de DBO;
 - Produção de odores;
- Dimensão social:
 - Complexidade construtiva;
 - Operação e manutenção;
 - Presença de insetos e vermes;
 - Riscos à saúde;
- Dimensão econômica:
 - Custo de implantação;
 - Custo de operação;
 - Geração de emprego e renda;
- Dimensão cultural:
 - Grau de aceitação da tecnologia;
- Dimensão política:
 - Acesso à tecnologia.

Por este motivo, visando simplificar a análise comparativa, o quadro-resumo busca elencar dados e informações relevantes às pessoas que irão escolher, construir e usar estas tecnologias.

Ambos os trabalhos apresentam critérios em comum como número de domicílios que uma tecnologia pode atender, eficiência de tratamento, frequência de manutenção e custos para implementação. Estes critérios são extremamente relevantes na comparação entre as tecnologias elencadas neste trabalho, as quais estarão presentes no quadro-resumo.

Ademais, critérios que estão presentes em apenas um dos trabalhos, mas são relevantes e comporão o quadro-resumo, são dados referentes à área necessária para instalação e componentes e materiais necessários.

Na comparação realizada por Martinetti (2015), a autora aborda aspectos de grau de aceitação e acesso à tecnologia, tópicos estes de suma relevância para acesso, apropriação e bom funcionamento da tecnologia. Entretanto, estes tópicos não estarão presentes no quadro-resumo deste trabalho, pois, cada morador e moradora do assentamento, compreende seu próprio grau de aceitação e se possui acesso à tecnologia, não cabendo ao autor do quadro delimitar esta caracterização.

Assim, o quadro-resumo, com os critérios supracitados, é apresentado no Quadro 2.

Quadro 2 – Quadro-resumo das tecnologias de tratamento de esgoto sanitário

Tecnologia de tratamento		Número de domicílios atendidos ¹	Área necessária no lote	Frequência de manutenção	Eficiência de tratamento ²	Principais materiais necessários	Custos de implementação por lote
Sistema centralizado		Todos os domicílios do assentamento	Apenas canalização	Responsabilidade da gestão da ETE	Alta	Tubulações e conexões	R\$ 4.000 a R\$ 6.000
Banheiro seco		1	3 a 5 m ²	Semestral	Não se aplica	Estrutura de madeira ou alvenaria; 2 bombonas; assento sanitário	R\$ 1.000 a R\$ 2.500
Tanques séptico sequencial	Bombona	1 (até 2 pessoas)	2 a 4 m ²	Semestral	Média	4 bombonas; tubulações e conexões	R\$ 500 a R\$ 700
	caixa d'água	1	10 a 15 m ²	Anual	Alta	3 caixas d'água; tubulações e conexões	R\$ 1.000 a R\$ 2.000
Tanque séptico e filtro anaeróbio		1	8 a 10 m ²	Anual	Alta	2 caixas d'água; pedregulho (ou entulho moído) tubulações e conexões	R\$ 1.500 a R\$ 2.000
Tanque de evapotranspiração		1 ou 2	8 a 12 m ²	Anual	Não se aplica	Estrutura impermeabilizante; entulho; brita; areia; terra; plantas; tubulações e conexões	R\$ 1.000 a R\$ 2.000

¹ considera-se lotes com 5 pessoas, com exceção do tanque séptico sequencial por bombona; ² em remoção de matéria orgânica classificada como: baixa: até 50%; média: 50 a 65%; alta: 65 a 80%; elevada: acima de 80%

Fonte: Autoria própria

Como já discutido, o intuito do Quadro 2 é sintetizar informações relevantes na comparação entre as diferentes formas de tratamento de esgoto sanitário, sem elencar uma como a “mais apropriada”. Isto se deve ao fato de que os próprios moradores e moradoras que utilizaram as tecnologias, também as julgaram a mais apropriada a sua realidade.

Ressalta-se que as informações abordadas, principalmente em relação aos custos, podem variar de acordo com os materiais disponíveis, época de implementação, dimensão das unidades, dentre outros aspectos. Entretanto, este quadro fornece uma primeira análise e compilação de informações para possíveis estudos futuros mais aprofundados⁴⁵.

Ademais, alterações nos projetos podem diminuir os custos de implementação das tecnologias. Por exemplo, nos reatores do sistema centralizado, pode-se alterar a aeração de aeradores eletromecânicos por aeração do tipo *venturi*, que não necessita de energia elétrica; ou a reutilização de tanques mais baratos nas tecnologias que necessitam de caixa d'água.

⁴⁵ Dadas as limitações de um trabalho de graduação

5 CAPÍTULO 5 – GESTÃO

O intuito deste capítulo é sintetizar e organizar as informações coletadas ao longo deste trabalho, principalmente no capítulo anterior, para facilitar a escolha da população do assentamento Nova São Carlos – e por quem está lendo este trabalho – entre as tecnologias de tratamento de água de vaso sanitário elencadas.

Realça-se que este trabalho não tem como objetivo apontar a melhor tecnologia de tratamento pois, quem deverá escolher a tecnologia, deverá ser quem a usará, pois é quem mais entende do próprio terreno, das próprias necessidades e suas limitações e potencialidades.

Além do explanado, este trabalho, por se tratar de um Trabalho de Graduação, possui limitações como: não possui a profundidade de análise que este tema realmente necessita para a gestão dos efluentes domésticos no assentamento Nova São Carlos; e não foram abrangidas diversas outras tecnologias⁴⁶ que são igualmente capazes de promover o tratamento de esgoto em zonas rurais.

Ademais, ressalta-se que o intuito desta compilação de dados é elaborar a parte técnica de uma futura/possível cartilha de educação ambiental, para apresentar aos moradores e às moradoras algumas das possíveis formas de realizar o tratamento das águas de vaso sanitário.

Acredito que uma cartilha bem elaborada deve ser escrita por um grupo multidisciplinar, formado por pessoas de diferentes áreas do conhecimento como pedagogia, gestores ambientais, sociólogos, dentre tantos outros, que auxiliam na melhor forma de explicar os conhecimentos técnicos que tento trazer com este trabalho.

Após apresentação das tecnologias à comunidade do assentamento, ressalta-se a necessidade e importância de investigar os próximos passos para promoção do saneamento na via institucional.

Este tema – rede institucional para promoção do saneamento em assentamentos rurais – foi trabalhado por Carvalho (2016)⁴⁷, com estudo de caso no

⁴⁶ Como por exemplo: sistemas alagáveis, círculo de bananeiras, reator anaeróbio de fluxo ascendente unifamiliar, vermifiltro, biodigestor, dentre outras (MARTINETTI, 2015; TONETTI et al., 2018).

⁴⁷ Trabalho de graduação realizado por uma ex-integrante do GEISA.

assentamento Nova São Carlos. Por haver um trabalho de graduação inteiramente dedicado a este tema, me dedico neste capítulo a retratar sobre a educação ambiental e elementos para uma cartilha, passo este intermediário entre a proposição de tecnologias para tratamento e articulação institucional para a promoção do saneamento.

5.1 Educação ambiental

A educação ambiental é um ramo da educação cujo objetivo é a disseminação de conhecimentos sobre o meio ambiente a fim de ajudar a sua preservação e utilização sustentável dos seus recursos. É uma metodologia de análise que surge a partir da crescente interesse do homem em assuntos como o ambiente devido às grandes catástrofes naturais que têm assolado o mundo nas últimas décadas (PACHECO, 2010, p. 37).

A educação ambiental⁴⁸ é extremamente relevante em todos os aspectos da Engenharia Ambiental, pois trata-se, não apenas da passagem da informação, mas também como realizá-la da melhor maneira possível (PICCOLI *et al.*, 2016), seja explicado às crianças sobre a importância da água ou para adultos sobre a

⁴⁸ Mesmo exaltando a relevância da educação ambiental, na formação em Engenharia Ambiental, o curso na EESC/USP não possui uma disciplina específica para tratar o tema. A fonte de informação mais próxima das e dos estudantes deste curso é o GEISA, grupo que incumbe preencher lacunas na estrutura curricular do curso.

Entretanto, não é apenas função do GEISA abordar esta temática. Dada a importância do tema, é necessário incluir na estrutura curricular para complementar a formação de todos os alunos e alunas que realizam esta graduação, e não apenas os e as estudantes que buscam conhecer essa área em grupos extensionistas.

Mortella (2020) explica que, para trabalhar o conceito de educação ambiental crítica e emancipatória, é necessário pensar na formação dos e das docentes pois: “Para o desenvolver o trabalho com a Educação Ambiental junto aos seus estudantes, o docente precisa estar bem-preparado, seu discurso e suas atitudes devem ser condizentes, pois, para seus estudantes ele é um exemplo a ser seguido. Dessa forma, o docente crítico, reflexivo, atuante na escola e na comunidade, induz ao estudante desenvolver sua postura participativa no ambiente escolar e em sua comunidade.”

Assim, enfatiza-se que a educação ambiental crítica não é feita apenas pelos alunos e pelas alunas, tampouco apenas pelo corpo docente, e sim, pelo diálogo de vários setores da sociedade, abordando discussões ambientais, com base no contexto político, econômico e social para formação crítica de todos e todas.

relevância do saneamento rural. Em qualquer temática dentro do aspecto ambiental, a educação ambiental é primordial para transmitir uma ideia, uma opinião ou uma informação da maneira mais adequada e compreensível, entendendo a mensagem que se quer passar ao público com quem está referindo.

Educação ambiental, segundo Layrargues e Lima (2011), possuem 3 macro-tendências de análises: a conservacionista, a pragmática e a crítica. Silva (2015) resume as macro-tendências da seguinte forma:

- Conservacionista: uma visão estrita à biologia e ecossistemas comportamentalista e isolada, afastando-se das temáticas e processos sociais das quais interagem;
- Pragmática: “uma sofisticação da visão conservadora”, a educação ambiental pragmática busca relacionar as mudanças tecnológicas e econômicas com a conscientização ecológica, seja através da alteração da maneira como é realizado o consumo de produtos/serviços ou por aspectos culturais⁴⁹;
- Crítica (ou emancipatória): caracterizada como emergente e contra-hegemônica, a educação ambiental crítica busca discutir questões atreladas ao meio ambiente, sem excluir o contexto social, econômico, cultural e político englobado.

A educação ambiental deve estar estreitamente ligada à participação social e à democracia, a fim de chegar a todas as pessoas, onde quer que estejam (DIAS, 2010; ROSSETTI; CAPORLINGUA; SANTOS MOURA, 2019). Desta forma, a educação ambiental possui um papel importante no enfrentamento de crises sociais, fomentando práticas sustentáveis, individuais e coletivas, entorno do interesse em comum (FONTES; BASTOS; SANTOS, 2017), neste caso, no saneamento rural, em específico, tratamento de esgoto.

⁴⁹ O autor exprime a temática, referenciando Horkheimer e Adorno (1997) como: “arte na sociedade capitalista tornou-se uma mercadoria como outra qualquer. Impulsionado pela racionalidade pragmática própria da lógica do mercado, a chamada indústria cultural lança sobre as massas uma “enxurrada” de informações ideológicas (mantenedoras do *status quo* capitalista), as quais corroem sua capacidade crítica, formatando uma certa percepção alienada e alienante dos trabalhadores, fomentando o individualismo e facilitando os processos de dominação, principalmente de classe.”

Em uma revisão da literatura, Bornia e Royer (2020) verificaram 310 periódicos nacionais publicados entre 2013 e 2016 que abordam educação ambiental. Nesta pesquisa, as autoras relataram que apenas 1% dos artigos avaliados possuíam o enfoque temático de saneamento básico; os principais enfoques observados foram “orientação pedagógica” (16%), “lixo e reciclagem” (15%), “preservação ambiental” (13%), “problemas locais” (12%), fauna e flora (10%), dentre outros.

Enfatizando a importância da educação ambiental e saneamento básico, em específico o tratamento de esgoto, Souza *et al.* (2019) exprimem que “A Educação Ambiental pode despertar o interesse e proporcionar uma maior aceitação e adesão aos sistemas de esgotamento sanitário ou mesmo evitar possíveis problemas relacionados ao uso incorreto destes”⁵⁰.

Desta forma, fica ressaltado a relevância em atrelar os conceitos de educação ambiental e saneamento para maior adesão e compreensão das tecnologias de tratamento de esgoto, visando o bem-estar da comunidade a qual se beneficiará dele.

5.2 Tópicos para cartilha

O intuito desta etapa do trabalho é apresentar possíveis tópicos referentes aos aspectos técnicos a serem levados em consideração na elaboração de uma cartilha, a qual seria apresentada aos moradores e às moradoras do assentamento nova São Carlos.

São elencados em tópicos pois a forma de escrita e apresentação das informações é extremamente relevante no momento de mostrar os resultados deste trabalho. É necessário um aprofundamento específico para elaboração da cartilha completa (como abordar o tema, como realizar a escrita, como preparar o momento

⁵⁰ Os autores também ressaltam que: “a importância da Educação Ambiental desde a fase de elaboração do projeto do sistema de esgoto, de modo a informar a população sobre o sistema como um todo, contando com maior acompanhamento do poder público e das companhias de saneamento básico juntamente à população, visando o incentivo, o entendimento e envolvimento no processo de implementação dos serviços de saneamento, uma vez que a qualidade e eficiência destes não devem estar associadas somente a sua implantação, mas também boa aceitação por parte da população atendida.”

de apresentação, dentre outros aspectos enquadrados dentro da temática de educação ambiental, citada no tópico anterior), o que não compete a este trabalho.

Realça-se que os tópicos apresentados a seguir servem apenas como um exemplo de aspectos técnicos interessantes a serem abordados sobre o tema, ficando a critério de quem for elaborar a cartilha completa usá-los ou não.

Os tópicos são divididos em: introdução, descrição, problemas e meios. Subtópicos são apresentados a seguir:

- Introdução:
 - Educação ambiental;
 - Saneamento em zona rural;
- Descrição:
 - Solo e aquíferos (principais características);
 - Vegetação e fauna;
 - Acesso ao saneamento básico;
- Problemas pela falta de tratamento de esgoto:
 - Contaminação da água;
 - Saúde individual e coletiva;
- Possíveis soluções:
 - Como é feito o tratamento de esgoto;
 - Síntese de cada tecnologia.

Os tópicos elencados para a parte técnica da cartilha possuem, ao menos, uma breve discussão ao longo deste trabalho.

Ressalta-se que é de suma importância a apresentação dos principais pontos de discussão, a fim de evidenciar a importância do tratamento de esgoto, tanto para questões ambientais quanto de saúde da comunidade. Ou seja, para compreensão dos impactos negativos da ausência de saneamento básico, é preciso apresentar as características do local e, posteriormente, elencar as possíveis formas de remediá-las.

A apresentação da cartilha deve ser feita em um momento com o máximo possível de moradores e moradoras para que haja discussão a respeito das possíveis tecnologias de tratamento.

Em caso de opção ao sistema centralizado, é necessário que grande parte de habitantes do assentamento aceitem esta tecnologia, além de iniciar um diálogo com a prefeitura e com SAAE de São Carlos para construção e operação do sistema.

Já em caso de opção pelo tanque de evapotranspiração, há a possibilidade de juntar o efluente de mais de um lote, necessitando de diálogo entre as pessoas de lotes vizinhos.

Ademais, em opção às tecnologias descentralizadas, há a possibilidade de comprar materiais coletivamente, visando diminuir os custos de implementação e propiciar uma ajuda mútua na instalação, seja com recursos financeiros ou com recursos humanos e de materiais.

A opção por uma tecnologia de tratamento deve ser de cada moradora e de cada morador do assentamento, visto que será quem a usará. O intuito deste trabalho é embasar e auxiliar a escolha de cada pessoa, de forma técnica, a qual sabe suas potencialidades e limitações e busca por melhorar as condições sanitárias de sua residência.

Conclusão

Neste trabalho, foi seguida a estruturação do curso de Engenharia Ambiental oferecido pela EESC/USP para elaboração de um estudo de alternativas de tecnologias para tratamento de esgoto sanitário em meio rural.

Como retratado na introdução, os dois principais objetivos propostos para este trabalho foram alcançados, dentro das limitações intrínsecas ao Trabalho de Graduação, os quais foram:

- Como retorno à comunidade do Assentamento Nova São Carlos: fornecer uma análise comparativa de diferentes meios e tecnologias de tratamento de esgoto sanitário;
- E, um retorno às e aos docentes e discentes e para a coordenação do curso de Engenharia Ambiental: demonstrar como a estruturação do curso de Engenharia Ambiental pode ser aplicada em um projeto, neste caso, sobre saneamento rural, concomitantemente demonstrar, através da qualidade e dificuldade deste trabalho, as qualidades e dificuldades presentes no curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP.

Como próximos passos para este trabalho, recomenda-se seguir em dois pontos:

- Para à comunidade do assentamento: a elaboração da cartilha completa para a população residente, a fim de apresentar os dados obtidos neste trabalho
- E, também, recomenda-se a análise da elaboração deste trabalho, por parte dos e das docentes do curso de Engenharia Ambiental, para averiguar potencialidades que o curso abrange na formação das e dos discentes e lacunas das quais podem (inclusive, ao meu ponto de vista, devem) ser incorporadas para evolução da estruturação do curso e melhorar a formação dos futuros profissionais em Engenharia Ambiental.

Desta forma, foi possível concluir que o curso de Engenharia Ambiental da EESC/USP possui diversas qualidades, dentre elas, o corpo técnico, os fundamentos na ciência, profundidade em algumas áreas específicas, certa abrangência de disciplinas. Quanto às lacunas, observou-se, principalmente, conhecimentos fragmentados em caixas (disciplinas), sem uma ligação entre as outras partes do curso; e a falta de materiais “palpáveis” às e aos estudantes – elo muito bem trabalhável com a extensão, para fortificar o ensino com a pesquisa.

Quanto aos pilares da universidade, resta compreender se a dissociação entre Ensino, Pesquisa e Extensão é mais uma das lacunas do curso – e da Universidade em geral – ou é uma estratégia, um projeto de uma parcela da comunidade universitária para favorecer certos grupos ou pessoas de dentro da estrutura.

Por fim, exalta-se a importância da Universidade, como muito bem retratada por Santos (1992), Ribeiro (1975) e Mello, Filho e Ribeiro (2009), como instituição consolidada, livre e dedicada a interpretar seu momento, visando a construção de uma sociedade cada vez mais justa e sustentável.

Referências

ACCREDITATION BOARD FOR ENGINEERING AND TECHNOLOGY. **49th Annual report**. New York, 1981.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969/1997**: Tanques sépticos - unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - projeto, construção e operação. Rio de Janeiro, 1997.

AB'SABER, A.N. Do Código florestal para o código da biodiversidade. **Biota Neotropica**, Campinas, v. 10, n. 4, p. 331-335, Dec. 2010. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032010000400037&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 maio 2020. DOI: 10.1590/S1676-06032010000400037.

AB'SABER, A.N. Geografia e planejamento. **Revista de História**, v. 39, n. 80, p. 257-271, 1969.

ALENCAR, J.A. *et al.* Descarte de embalagens de agrotóxicos. **Pesticidas**: revista de ecotoxicologia e meio ambiente, Curitiba, v.8, p. 9-26, 1998.

ÁLVARES, C.M.B. **Contribuição ao conhecimento do meio físico da região do lixão de São Carlos - SP, através de estudos geológicos, geofísicos, topográficos e químicos**. 2000. Dissertação (Mestrado em Ciências da Engenharia Ambiental) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2000. DOI: 10.11606/D.18.2018.tde-16072018-161604.

ANDRADE, C.R.M.; ZAIAT, M. Engenharia, natureza e recursos naturais. *In*: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. (Ed.). **Engenharia ambiental**: conceitos, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Cap.1, p.3-14.

AQUINO, S.R.F.; GARCIA, M.L. Sustentabilidade e crise ambiental: a necessidade de uma função ecológica do estado na pós-modernidade. **Revista de Direito e Sustentabilidade**, v. 5, n. 1, p. 22-39, 2019.

ART, W.H. **Dicionário de ecologia e ciências ambientais**. São Paulo: UNESP; Melhoramentos, 1998.

ÁVILA, R.O. **Avaliação do desempenho de sistemas tanque séptico-filtro anaeróbio com diferentes tipos de meio suporte**. 2005. Dissertação (mestrado) - Programa de Pós-Graduação de Engenharia, Universidade Federal do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2005.

AZEVEDO, E.A. **Exclusão sanitária em Belo Horizonte - MG**: caracterização e associação com indicadores de saúde. 2003. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2003.

BARBOSA, G.L.M. **Gerenciamento de resíduo sólido**: assentamento Sumaré II, Sumaré-SP. 2005. Dissertação (Mestrado em Saneamento e Ambiente) – Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Universidade Estadual de Campinas, 2005.

BARBOSA, L.N.H.; DRUMMOND, J.A. Os Direitos da natureza numa sociedade relacional: reflexões sobre uma nova ética ambiental. **Estudos Históricos**, Rio de Janeiro, v. 7, n. 14, p. 265-289, 1994. Disponível em: <http://bibliotecadigital.fgv.br/ojs/index.php/reh/article/view/1987>. Acesso em: 11 fev. 2021.

BARREIRA, Luciana Pranzetti; PHILIPPI, Arlindo Junior. A problemática dos resíduos de embalagens de agrotóxicos no Brasil. In: **CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL**. 2002.

BARRERE, M. **Terra, patrimônio comum**: a ciência a serviço do meio ambiente e do desenvolvimento. Tradução de Estela dos Santos Abreu. São Paulo: Nobel, 1992.

BERNARDINO, Neuza Fujiko et al. **Assentamento Comunidade Agrária Nova São Carlos: Levantamento Florístico e Ambiental para Análise do Potencial para a Meliponicultura**. 2013. Tese de Doutorado. UNIVERSIDADE DE SÃO PAULO.

BONTEMPI JR., B. Escola politécnica de São Paulo: produção da memória e da identidade social dos engenheiros paulistas. *História da Educação*, Santa Maria, v. 19, n. 46, p. 223-242, Aug. 2015. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2236-34592015000200223&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 3 maio 2020. DOI: <http://dx.doi.org/10.1590/2236-3459/53403>.

BORNIA, B.G.; ROYER, M.R. Pesquisas brasileiras em educação ambiental que estão em voga atualmente: uma análise de periódicos nacionais. **Research, Society and Development**, v. 9, n. 4, p. e135942979-e135942979, 2020.

BORTOLOZZI, A.; PEREZ FILHO, A. Crise ambiental da modernidade e a produção do espaço-lugar do não cidadão. **Boletim Paulista de Geografia**, n. 76, p. 7-22, 2017.

BRAGA, B. *et al.* **Introdução à engenharia ambiental**. São Paulo: Prentice Hall, 2003.

BRASIL. Lei nº 5.194, de 24 de dezembro de 1966. Regula o exercício das profissões de Engenheiro, Arquiteto e Engenheiro - Agrônomo, e dá providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 27 dez. 1966.

BRASIL - LEI No 9.985 SISTEMA NACIONAL DE UNIDADE DE CONSERVAÇÃO A NATUREZA . Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l9985.htm>. Acesso em: 06 jun. 2020.

BRASIL. Lei nº 14.026, de 15 de julho de 2020. Atualiza o marco legal do saneamento básico e altera a Lei nº 9.984, de 17 de julho de 2000, para atribuir à Agência Nacional de Águas e Saneamento Básico (ANA) competência para editar normas de referência sobre o serviço de saneamento, a Lei nº 10.768, de 19 de novembro de 2003, para alterar o nome e as atribuições do cargo de Especialista em Recursos Hídricos, a Lei nº 11.107, de 6 de abril de 2005, para vedar a prestação por contrato de programa dos serviços públicos de que trata o art. 175 da Constituição Federal, a Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007, para aprimorar as condições estruturais do saneamento básico no País, a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, para tratar dos prazos para a disposição final ambientalmente adequada dos rejeitos, a Lei nº 13.089, de 12 de janeiro de 2015 (Estatuto da Metrópole), para estender seu âmbito de aplicação às microrregiões, e a Lei nº 13.529, de 4 de dezembro de 2017, para autorizar a União a participar de fundo com a finalidade exclusiva de financiar serviços técnicos especializados. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 16 jul.2020. Seção 1, p. 1-8.

BRASIL. [Constituição]. **Constituição da República Federativa do Brasil**: promulgada em 5 de outubro de 1988. Brasília: Senado, 1988.

BRASIL. Ministério da Educação e Desporto. **Portaria n. 1.693**. Brasília, 5 dez.1994. Disponível em: <http://www.poli.ufrj.br/ambiental/arquivos/PORTMEC1693-94.pdf>. Acesso em: 3 maio 2020.

BRUNO, L. Gestores: a prática de uma classe no vácuo de uma teoria. *In*: BRUNO, L.; SACCARDO, C. (Org.). **Organização, trabalho e tecnologia**. São Paulo: Atlas, 1986.

BUGELLI, C.B.; FELÍCIO, J.D. Saneamento rural: a experiência da implementação de uma tecnologia de saneamento no Assentamento Nova São Carlos (São Carlos-SP). **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 15, n. 35, p.78-91, jan./abr. 2019. DOI: 10.3895/rts.v15n5.7698.

CAIRNCROSS, S.; FEACHEM, R. G. **Environmental health engineering in the tropics: an introductory text**. John Wiley & Sons, Chichester, 1990.

CALDERANO FILHO, B. *et al.* **Os Solos da fazenda Canchim**. Rio de Janeiro: Embrapa-CNPq, 1998. (Boletim de Pesquisa, 7).

CALVACANTI, C. **Desenvolvimento e natureza**: estudos para uma sociedade sustentável. São Paulo: Cortez; Fundação Joaquim Nabuco, 1995.

CAMPANELLI, L.C. **Zoneamento (geo)ambiental analítico da bacia hidrográfica do Rio Monjolinho - São Carlos (SP)**. 2012. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2012.

CARVALHO, G. S. Identificação e análise dos elementos essenciais da rede institucional de suporte à promoção do saneamento básico nos assentamentos rurais: estudo de caso do Projeto de Assentamento Comunidade Agrária Nova São Carlos (São Carlos - SP). Universidade De São Paulo. São Carlos, 2016. Disponível

em: <http://www.tcc.sc.usp.br/tce/disponiveis/18/180300/tce-10012017-154212/?&lang=br>. Acessado em 23 ago 2021.

Centro de Estudos e Promoção de Agricultura de Grupo/CEPAGRO **Vista do A Compostagem de resíduos sólidos orgânicos como estratégia de gestão agroecológica dentro de uma unidade de conservação, Florianópolis (SC)**. 2013. Disponível em: <<https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/19152/13791>>. Acesso em: 1 dez. 2020.

COMPANHIA AMBIENTAL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Glossário**. São Paulo, 2021. Disponível em: <https://cetesb.sp.gov.br/glossario/#:~:text=%C3%89%20a%20aplica%C3%A7%C3%A3o%20cont%C3%ADnua%20de,homem%20e%20ao%20meio%20ambiente>. Acesso em: 26 fev. 2021.

CHAUÍ, M. A Universidade pública sob nova perspectiva. **Revista Brasileira de Educação**, n. 24, p. 5-15, 2003.

CIOCHETI, G. **Uso de habitat e padrão de atividade de médios e grandes mamíferos e nicho trófico de Lobo-Guará (*Chrysocyon brachyurus*), Onça-Parda (*Puma concolor*) e Jaguatirica (*Leopardus pardalis*) numa paisagem agroflorestal, no Estado de São Paulo**. 2007. Tese (Doutorado) – Instituto de Biociências, Universidade de São Paulo, São Paulo, 2008.

CLIMATE-DATA.ORG. **Clima**: São Carlos/SP. Disponível em: <https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/sao-paulo/sao-carlos-4818/>. Acesso em: 11 out. 2020.

COELHO, C.F.; REINHARDT, H.; ARAÚJO, J.C. Fossa verde como componente de saneamento rural para a região semiárida do Brasil. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 23, n. 4, p. 801–810, ago. 2018.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Resolução n. 218**. Brasília, 1973. Disponível em: <http://legislacao.confea.org.br>. Acesso em: 4 maio 2020.

CONSELHO FEDERAL DE ENGENHARIA, ARQUITETURA E AGRONOMIA. **Resolução n. 447**. Brasília, 2000. Disponível em: <https://normativos.confea.org.br/downloads/0447-00.pdf>. Acesso em: 3 maio 2020.

CORVALÁN, S.B. **Zoneamento ambiental da APA Corumbataí (SP) de acordo com critérios de vulnerabilidade ambiental**. 2009. Tese (Doutorado) - Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista, Rio Claro, 2009. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/102947>. Acesso em: 12 julho 2020.

COSTA, C.C.; GUILHOTO, J.J.M. Saneamento rural no Brasil: impacto da fossa séptica biodigestora. **Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 19, p. 51–60, 2014. Número especial

COSTA, C.W.; DUPAS, F.A.; PONS, N.A.D. Regulamentos de uso do solo e impactos ambientais: avaliação crítica do plano diretor participativo do município de São Carlos, SP. **Geociências**, São Paulo, v. 31, n. 2, p. 143-157, 2012.

CUNHA, D.F.G. *et al.* **SHS0351** - poluição ambiental II. São Carlos: EESC/USP, 2018. (Disciplina de graduação, professor responsável: Davi Gasparini Fernandes Cunha).

DAGNINO, R. **Tecnologia social**: contribuições conceituais e metodológicas [online]. Campina Grande: EDUEPB, 2014. DOI: <https://doi.org/10.7476/9788578793272>

DAGNINO, Renato. **Em direção a uma Estratégia para a redução da pobreza**: a Economia Solidária e a Adequação Sócio-técnica. Organização dos Estados Ibero-americanos para a Educação, a Ciência e a Cultura, 2002.

DAGNINO, R.; NOVAES, H.T. O Papel do engenheiro na sociedade. **Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 4, n. 6, p. 95-112, 2008.

DAROLT, M.R. **Lixo rural**: entraves, estratégias e oportunidades. Ponta Grossa: IAPAR, 2002.

DE MARQUE, M.B. *et al.* Tecnologia social de saneamento básico: reflexões a partir de uma ação extensionista no assentamento Nova São Carlos. **Retratos de Assentamentos**, v. 24, n. 1, p. 136-157, 2021.

DEL PORTO, D.; STEINFELD, C. **The Composting toilet system book** : a practical guide to choosing, planning and maintaining composting toilet systems. Massachusetts: The Center for Ecological Pollution Prevention, 2000.

DENARDIN, J.E. **Erodibilidade do solo estimada por meio de parâmetros físicos e químicos**. 1990. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1990.

DENÚBILA, L.A. **Alterações ambientais associadas à mineração no município de São Carlos (SP), utilizando AHP e SIG**. 2013. Tese (Doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2013.

DIAS, G.F. **Educação ambiental**: princípios e práticas. 9.ed. São Paulo: Gaia, 2010.

DIAS, J.A.; MORAES-FILHO, A.M. **Os Resíduos sólidos e a responsabilidade ambiental pós-consumo**. Marília: Edição dos autores, 2008. Disponível em: www.prsp.mpf.gov.br/marilia. Acesso em: 5 dez 2020.

EMBRAPA INSTRUMENTAÇÃO. **Fossa séptica biodigestora** – o que é e como funciona. São Carlos, 2013. Disponível em: <https://pt.slideshare.net/siqueiradamata/fossa-sptica-biodigestora-o-que-e-como-funciona>. Acesso em: 4 nov. 2021.

ENRIQUEZ, A. *et al.* Erodibilidade e tensão crítica de cisalhamento no canal de drenagem de estrada rural não pavimentada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 160-165, 2015. Disponível em: <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n2p160-165>. Acesso em: 12 dez 2020.

ESREY, S.A. *et al.* **Health benefits from improvements in water supply and sanitation**: survey and analysis of the literature on selected diseases. Arlington: Water and Sanitation for Health Project, 1990. (WASH Technical Report, No. 66.).

FAGUNDES, J.R.T. **Estudo integrado das características geológico-geotécnicas com vista à avaliação de recarga de aquífero**: região de São Carlos-SP. 2010. Tese (Doutorado em Geotecnia) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2010. DOI:10.11606/T.18.2010.tde-06122011-110343.

FERNANDES, A.C. *et al.* A Viabilidade do tratamento de águas negras através do tanque de evapotranspiração no meio rural. *In*: SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DA fatec Taquaritinga, 3., 2015, Taquaritinga. Disponível em: www.fatectq.edu.br/simtec. Acesso em: 12 mar 2021.

FERNANDES, A. L. **Oferta e demanda de agregados para a construção civil no município de São Carlos-SP**. 2007. Tese de Doutorado. Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente no Centro Universitário de Araraquara, Araraquara.

FERNANDES, J.W.A. *et al.* Quantitativo de águas cinzas e negras em banheiros de um centro universitário em maceió-alagoas. **Revista Engenharia e Tecnologia Aplicada**, v. 2, n. 1, p. 5-8, 2019.

FERNANDES, V.; SAMPAIO, C.A.C. Problemática ambiental ou problemática socioambiental? A Natureza da relação sociedade/meio ambiente. **Desenvolvimento e Meio Ambiente**, n. 18, p. 87-94, jul./dez. 2008.

FERREIRA, D.C.; LUZ, S.L.B.; BUSS, D.F. Avaliação de cloradores simplificados por difusão para descontaminação de água de poços em assentamento rural na Amazônia, Brasil. **Ciência & Saúde Coletiva** [online], v. 21, n. 3, p. 767-776, 2016. DOI: 10.1590/1413-81232015213.23562015.

FERRANTE, V.L.S.B.; WHITAKER, D.C.A. Revista do Núcleo de Pesquisa e Documentação Rural (Nupedor) - **Retratos de Assentamentos**. Vol.16. Nº02. 2013

FIGUEIREDO, I.C.S. *et al.* Águas cinzas em domicílios rurais: separação na fonte, tratamento e caracterização. **Revista DAE**, v. 67, n. 220, p. 141–156, 2019.

FIGUEIREDO, I.C.S. *et al.* Bacia de evapotranspiração (BET): uma forma segura e ecológica de tratar o esgoto de vaso sanitário. **Revista DAE**, v. 67, n. 220, p.115-127, nov. 2019. DOI: <https://doi.org/10.4322/dae.2019.059>.

FOLADORI, G. O Capitalismo e a crise ambiental. **Raízes: Revista de Ciências Sociais e Econômicas**, n. 19, p. 31-36, 1999.

FONTES, A.R.; BASTOS, R.P.N.; SANTOS, M.B. Condições socioambientais de saneamento básico no conjunto Santa Terezinha, Bairro Novo Horizonte, Lagarto (SE): desafios frente à educação ambiental. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 12, n. 1, p. 97-114, 2017.

FONTOURA, Y. *et al.* Da Lama ao caos”: reflexões sobre a crise ambiental e as relações estado-empresa-sociedade. **Farol-Revista de Estudos Organizacionais e Sociedade**, v. 6, n. 15, p. 17-41, 2019.

FORSYTH, A.R.; BUBB, K.A.; COX, M.E. Runoff sediment loss and quality from forest roads in a southeast Queensland coastal plain pinus plantation. **Forest Ecology and Management**, v.221, p.194- 206, 2006. DOI: <http://dx.doi.org/10.1016/j.foreco.2005.09.018>.

FRANCIS, P. Laudato Si': on care for our common home. **Perspectives on Science and Christian Faith**, v. 68, n. 4, 2016. Disponível em: <https://go.gale.com/ps/anonymous?id=GALE%7CA497487663&sid=googleScholar&v=2.1&it=r&linkaccess=abs&issn=08922675&p=AONE&sw=w>. Acesso em: 5 maio 2020.

FREITAS, N.M.S.; MARQUES, C.A. Sustentabilidade e CTS: o necessário diálogo na/para a educação em ciência em tempos de crise ambiental. *Educar em Revista*, Curitiba , v. 35, n. 77, p. 265-282, set./out. 2019. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-40602019000500265&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 maio 2020.

FREIRE, P. **Pedagogia da autonomia**: saberes necessários à prática educativa. São Paulo: Paz e Terra, 1996.

GALBIATI, A.F. **Tratamento domiciliar de águas negras através de tanque de evapotranspiração**. 2009. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Mato Grosso do Sul, Centro de Ciências Exatas e Tecnologia, 2009.

GASPAR, R.M.B.L. **Utilização de biodigestores em pequenas e médias propriedades rurais com ênfase na agregação de valor**: um estudo de caso na região de Toledo -PR. 2003. Dissertação (Mestrado em Planejamento e Estratégia Organizacional) - Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2003.

Google Earth, 2020. Cidade de São Carlos.

GOMES, B. G. L. A. **Tratamento de esgoto de pequena comunidade utilizando tanque séptico, filtro anaeróbio e filtro de areia**. 2015. 1 recurso online (138 p.). Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, SP. Disponível em: . Acesso em: 18 abril 2020

GONÇALVES, R.F. *et al.* **Desinfecção de efluentes sanitários**. Vitória: ABES, 2003.

GONÇALVES, Ricardo Franci *et al.* Desinfecção de Efluentes Sanitários. Vitória: **Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (Abes)**, 2003. p 435

GONÇALVES, R.F. *et al.* Pós-tratamento de efluentes de reatores anaeróbios por reatores com biofilme. **Pós-Tratamento de Efluentes de Reatores Anaeróbios**, v. 1, p. 171-278, 2001.

GONÇALVES, R. B. M. **Tecnologia e organização social das práticas de saúde: características tecnológicas do processo de trabalho na rede estadual de centros de saúde de São Paulo**. Tese. Universidade de São Paulo 1986.

HARDIN, G. The Tragedy of the commons. *In*: DALY, H.E. (ed.). **Economics, Ecology, Ethics**: essays toward a steady-state economy. San Francisco: W. H. Freeman, 1980.

HELLER, L. **Saneamento e saúde**. Brasília: OPAS/OMS, 1997.

HIRATA, R. *et al.* Exploração do Sistema Aquífero Guarani em Araraquara. **Geologia USP**. Série Científica, v. 12, n. 2, p. 115-127, 2012.

HOOVER, T.J.; FISH, J.C.L. The Engineering profession. Palo Alto: Stanford University Press, 1950.

HORKHEIMER, M.; ADORNO, T. A Indústria cultural: o esclarecimento como mistificação das massas. *In*: HORKHEIMER, M.; ADORNO, T. **Dialética do esclarecimento fragmentos filosóficos**. Rio de Janeiro: Jorge Zahar, 1985. p.1-23.

HORST, L.V.M.; FREITAS, C.C.G. Desenvolvimento sustentável e inovação social: a reciclagem sob a perspectiva da tecnologia social. **RTS - Revista Tecnologia e Sociedade**, v. 12, n. 26, p. 20–41, set. 2016.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Atlas de saneamento**. Glossário. Rio de Janeiro: IBGE, 2011.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores de desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: IBGE, 2010. Disponível em: <https://www.ibge.gov.br/geociencias/informacoes-ambientais/vegetacao/24252-macrocaracterizacao-dos-recursos-naturais-do-brasil.html?=&t=downloads>. Acesso em: 05 junho 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA. **Texto para discussão. gestão comunitária da água: soluções e dificuldades do saneamento rural no Brasil**. Brasília: IPEA, 2020.

INSTITUTO DE PESQUISA DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Mapa geológico do Estado de São Paulo**. São Paulo, IPT, 1981.

JABRI, K.M. *et al.* Life cycle assessment of a decentralized greywater treatment alternative for non-potable reuse application. **International Journal of Environmental Science and Technology**, v. 17, p. 433-444, 2020. DOI: 10.1007/s13762-019-02511-3.

JORDÃO, E.P.; PESSÔA, C.A. **Tratamento de esgotos domésticos**. Cetesb, 1975.

KAPP, S.; CARDOSO, A.L. Marco teórico da rede Finep de moradia e tecnologia social – rede morar T.S. risco. **Revista de Pesquisa em Arquitetura e Urbanismo**, n. 17, p. 94–120, jul. 2013.

KOMATSU, R.K.; SANTOS, C.H.P.; SOUSA, J.C. Gestão de resíduos: hábitos de descarte de resíduos derivados da produção agrícola das propriedades em assentamentos rurais. **Revista de Psicologia**, v. 13, n. 44, p. 700-722, fev. 2019.

LAYRARGUES, P.P.; LIMA, G.F.C. Mapeando as macro-tendências político-pedagógicas da educação ambiental contemporânea no Brasil. *In*: ENCONTRO PESQUISA EM EDUCAÇÃO AMBIENTAL, 6., 2011, Ribeirão Preto. **Anais [...]**. Ribeirão Preto: FFCLRP/USP, 2011. p. 1-15.

LEONEL, L.F.; MARTELLI, L.F.A.; SILVA, W.T.L. Avaliação do efluente de fossa séptica biodigestora e jardim filtrante. *In*: SYMPOSIUM ON AGRICULTURAL AND AGROINDUSTRIAL WASTE MANAGEMENT, 3., 2013, São Pedro. **Anais [...]**. São Pedro, 2013.

LIMA, A.A.; FARIAS, M.S.S.; LIRA, V.M.; FRANCO, E.S.; SILVA, M.B.R. Lixo rural: o caso do município de João Alfredo (PE). **Caminhos de Geografia**, v. 6, n. 16, p.1-5, 2005.

LINDSAY, L. **Conrad Martens: the man and his art**. Sydney: Angus & Robertson, 1920.

LORANDI, R. *et al.* Carta de potencial à erosão laminar da parte superior da bacia do Córrego do Monjolinho (São Carlos, SP). **Revista Brasileira de Cartografia**, n. 53, p. 111-117, dez. 2001.

LOTFI, P.C.S. **Avaliação preliminar da eficiência de fossas biodigestoras no tratamento de esgoto unidomiciliar** – assentamentos Nova São Carlos e Santa Helena, São Carlos (SP). 2016. Monografia (Graduação em Engenharia Ambiental) – Escola de Engenharia de São Carlos da Universidade de São Paulo, 2016.

MACEDO, K.H. *et al.* Caracterização de *Escherichia coli* diarreiogênica isolada de água subterrânea para consumo humano em um assentamento rural. **Semina: Ciências Biológicas e da Saúde**, v. 41, n. 2, p. 263-272, 2020.

MARCELINO, M. *et al.* Desenvolvimento e construção de protótipo de fossa séptica biodigestora para uso como ferramenta de ensino sobre o tratamento de esgoto sanitário. **Revista Engenho**, v. 12, n. 1, p. 27-45, 2020.

MARTINETTI, T.H. **Análise da sustentabilidade de sistemas locais de tratamento de efluentes sanitários para habitações unifamiliares**. 2015. Tese (Doutorado) – Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2015.

MARTINS, L.M. **Ensino-pesquisa-extensão como fundamento metodológico da construção do conhecimento na universidade**. São Paulo: Unesp, 2012.

Disponível em:

http://pos.estacio.webaula.com.br/Cursos/POS452/docs/Ensino_pesquisa_extensao.pdf. Acesso em: 11 maio 2020.

MARTINS, L.; ANDRADE, H.; PRATES, K. Diagnóstico quali-quantitativo dos resíduos sólidos domiciliares gerados no assentamento rural luz, Luiziana/Paraná. **SaBios-Revista de Saúde e Biologia**, v. 4, n. 2, 2009.

Mapbiomas Brasil. Disponível em: <<https://mapbiomas.org/>>. Acesso em: 2 nov. 2021.

MAZZUCO, G.G.; MOSCHINI, L.E. Análise de indicadores de desempenho urbano: estudo de caso - bairro Cidade Aracy, São Carlos, SP. **Revista Brasileira de Gestão e Desenvolvimento Regional**, v. 14, n. 5, out. 2018. Disponível em: <https://www.rbgdr.com.br/revista/index.php/rbgdr/article/view/4086>. Acesso em: 25 jan. 2021.

MEDEIROS, A.S.; OLIVEIRA, P.B.; ROCHA, S.A.F. Atribuições do profissional de engenharia ambiental junto ao CONFEA-CREA. **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, v. 8, n. 20, 2017. Disponível em: <https://periodicos.utfpr.edu.br/recit>. Acesso em: 5 maio 2020.

MELO, M.R.S. **Estratégias de aplicação de efluente de água cinza no cultivo do girassol ornamental**. 2018. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Mossoró, 2018.

MELLO, A. F.; FILHO, N. A.; RIBEIRO, R. J. POR UMA UNIVERSIDADE SOCIALMENTE RELEVANTE. **Atos de Pesquisa em Educação**, [S.l.], v. 4, n. 3, p. 292-302, mar. 2010. ISSN 1809-0354. Disponível em: <<https://proxy.furb.br/ojs/index.php/atosdepesquisa/article/view/1718>>. Acesso em: 02 dez. 2021. doi: <http://dx.doi.org/10.7867/1809-0354.2009v4n3p292-302>.

MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO - MDA; INSTITUTO NACIONAL DE COLONIZAÇÃO E REFORMA AGRÁRIA – Incra. SUPERINTENDÊNCIA REGIONAL DE SÃO PAULO. Relatório de Gestão do Exercício de 2010. Disponível em: <http://www.incra.gov.br/servicos/publicacoes/relatorios/relatorios-de-estaaofile/704-relatorio-de-gestao-2010-sr08-sp>. Acesso em 5 jun. 2021.

MOITA, F.M.G.S.C.; ANDRADE, F.C.B. Ensino-pesquisa-extensão: um exercício de indissociabilidade na pós-graduação. **Revista Brasileira de Educação**, Rio de Janeiro, v. 14, n. 41, p. 269-280, ago. 2009. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1413-

24782009000200006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 7 maio 2020. DOI: 10.1590/S1413-24782009000200006.

MONTAÑO, Marcelo. Os recursos hídricos e o zoneamento ambiental: o caso do município de São Carlos (SP). 2002. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

MONTEIRO, V.R.C. *et al.* Caracterização e tratamento de água cinza residencial empregando a ecotecnologia dos wetlands construídos. **Engenharia Ambiental: pesquisa e tecnologia**, v. 12, n. 2, p. 93-109, jul./dez. 2015.

MORAES, L.R.S. Acondicionamento e coleta de resíduos sólidos domiciliares e impactos na saúde de crianças residentes em assentamentos periurbanos de Salvador, Bahia, Brasil. **Cadernos de Saúde Pública**, v. 23, p. S643-S649, 2007.

MOTA, J.C. *et al.* Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual. **Águas Subterrâneas**, n.1, 2009. Disponível em: <https://aguassubterraneas.abas.org/asubterraneas/article/view/21942>. Acesso em: 15 fev 2021.

NINIS, A.B.; BILIBIO, M.A. Homo sapiens, Homo demens e Homo degradandis: a psiquê humana e a crise ambiental. **Psicologia & Sociedade**, Belo Horizonte, v. 24, n. 1, p. 46-55, Apr. 2012. Disponível em: http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0102-71822012000100006&lng=en&nrm=iso. Acesso em: 6 maio 2020. DOI: 10.1590/S0102-71822012000100006.

NISHIYAMA, L. **Mapeamento geotécnico preliminar da quadrícula de São Carlos - SP**. 1991. Dissertação (Mestrado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 1991.

NISHIYAMA, L.; ZUQUETTE, L.V. Importância da cartografia geotécnica para caracterização da vulnerabilidade de aquíferos livres: exemplo do Aquífero Botucatu na Quadrícula de São Carlos - SP. **Geociências**, São Paulo, v. 13, n. 2, p. 345-357, 1994.

NOBLE, D. **America by design**: science, technology and the rise of corporate capitalism. New York: Oxford University Press, 1977.

NUÑEZ, L. *et al.* Análisis de riesgo sanitario en aguas grises de la provincia de Buenos Aires, Argentina. **Revista Internacional de Contaminación Ambiental**, v. 30, n. 4, p. 341-350, 2014.

OLIVEIRA NETTO, A.P. **Reator anaeróbio-aeróbio de leito fixo, com recirculação da fase líquida, aplicado ao tratamento de esgoto sanitário**. 2007. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo.

OLIVEIRA, A.F.; LEITE, I.C.; VALENTE, J.G. Carga global das doenças diarreicas atribuíveis ao sistema de abastecimento de água e saneamento em Minas Gerais, Brasil, 2005. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 20, p. 1027-1036, 2015.

OLIVEIRA, G.D. et al. Tratamento domiciliar de águas negras: tanque de evapotranspiração. **Revista Petra**, v. 4, n. 2, p. 194-214. 2019.

OTENIO, M.H. *et al.* **Como montar e modelar a fossa séptica modelo EMBRAPA**. Brasília: Embrapa, 2014.

OTTERPOHL, R. Black, brown, yellow, grey - the new colors of sanitation. **Water 21**: magazine on the International water Association, p. 37-41, Oct. 2001.

PACHECO, B.É. **Meio ambiente, poluição e reciclagem**. São Paulo: Edgard Blucher, 2010.

PALMA, A.P. **Avaliação da eficiência de tecnologia alternativa de saneamento rural no Assentamento Nova São Carlos (SP)**. 2018. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2018.

PALMA, J. B. **Avaliação intergrada, em diferentes escalas, dos atributos que controlam a dinâmica das águas: aplicação para análise de risco de contaminação das águas subsuperficiais na região entre São Carlos e Ribeirão Preto**. 2004. 301 f. (Tese (Doutorado)), Escola de Engenharia de São Carlos - Universidade de São Paulo, São Carlos, 2004.

PALMQUIST, H.; HANÆUS, J. Hazardous substances in separately collected grey- and blackwater from ordinary Swedish households. **Science of the Total Environment**, v. 348, n. 1-3, p. 151-163, 2005.

PEJON, O.J.; RODRIGUES, V.G.S.; ZUQUETTE, L.V. impactos ambientais sobre o solo. *In*: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. **Engenharia ambiental**: conceito, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. Cap.14, p. 317-343.

PERRIN, A.G.; FERREIRA, T.L. Casa suindara: formação, experimentação e construção no habitat rural. **Paranoá**: cadernos de arquitetura e urbanismo, n.17, 2017. DOI: <https://doi.org/10.18830/issn.1679-0944.n17.2016.09>.

PERRONI, J.C. A.; WENDLAND, E. C. Avaliação Das Condições De Ocorrência E Exploração Do Sistema Aquífero Guarani Em São Carlos-Sp. **Águas Subterrâneas**, v. 22, n. 1, 2008.

PICCOLI, A.S. *et al.* A Educação ambiental como estratégia de mobilização social para o enfrentamento da escassez de água. **Ciência & Saúde Coletiva**, v. 21, p. 797-808, 2016.

PILZ, S.E.; SATTTLER, M.A. Banheiros compostáveis: uma solução mais sustentável evitando a geração de águas negras. *In*: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA E TECNOLOGIA EM RESÍDUOS E DESENVOLVIMENTO SUSTENTÁVEL, 4., 2011, Vitória. **Anais [...]**. Florianópolis: [s.n.], 2004. P. 3816-3825.

PINTO, F.T.; CAMPOS, A.J.B.; BARBOSA, A.A. O Espaço necessário ao conhecimento econômico na grade curricular do engenheiro ambiental. *In*:

CONGRESSO BRASILEIRO DE ENSINO EM ENGENHARIA, 32., 2004, Brasília. **Anais [...]**. Brasília: ABENGE, 2004.

PLANO municipal de saneamento – São Carlos/SP. São Carlos: Prefeitura Municipal de São Carlos, 2012.

PLANO municipal de saneamento básico. Araraquara: Prefeitura Municipal de Araraquara, 2014.

PORTO, L.O.S. **Banheiro seco como solução sanitária para comunidades em extrema pobreza**: um estudo de caso de jardim gramacho. 2016. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) – Escola Politécnica, Universidade Federal do Rio de Janeiro, 2016.

POSTIGO, M.D. *et al.* Avaliação da eficiência de fossa séptica de baixo custo desenvolvida para o saneamento rural. **Engenharia Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 26-35, jan./jun. 2017.

PROJETO político pedagógico do curso de engenharia ambiental. São Carlos: EESC/USP, 2017. Disponível em: <http://www5.eesc.usp.br/coc-ambiental/files/PPP%20-%20Ambiental%20-%20atualizacao%20-%202017.pdf>. Acesso em: 15 mar. 2020.

PROJETO pedagógico do curso de graduação em engenharia ambiental. São Carlos: EESC/USP, 2021. Disponível em: http://www5.eesc.usp.br/coc-ambiental/files/PPP%20-%20Ambiental%20-%20atualizacao%20-%202020%20-%20inclusao%20AACs_revisaoCG.pdf. Acesso em: 21 out. 2021.

PRUSKI, F.F. Conservação de solo e água: práticas mecânicas para o controle da erosão hídrica. 2.ed. Viçosa: UFV, 2009.

RAYS, O.A. Ensino-pesquisa-extensão: notas para pensar a indissociabilidade. **Revista Educação Especial**, v. 1, n. 1, p. 71-85, 2003.

RAZZOLINI, M.T.P.; GÜNTHER, W.M.R. Impactos na saúde das deficiências de acesso a água. **Saúde e Sociedade**, v. 17, n. 1, p. 21-32, 2008.

REBOUÇAS, T. C.; BIANCHI, G.; GONÇALVES, R. F. Caracterização de águas residuárias de origem residencial. In: Conferência Internacional em Saneamento Sustentável: **Segurança alimentar e hídrica para a América Latina**, Fortaleza. 2007.

REIS, L.F.R.; BRANDÃO, J.L.B. Impactos ambientais sobre rios e reservatórios. In: CALIJURI, M.C.; CUNHA, D.G.F. **Engenharia ambiental**: conceito, tecnologia e gestão. Rio de Janeiro: Elsevier, 2013. p. 247-268.

RIBEIRO, D. **A Universidade necessária**. Rio de Janeiro: Paz e Terra, 1975.

ROCKSTRÖM, J. *et al.* Planetary boundaries: exploring the safe operating space for humanity. **Ecology and Society**, v. 14, n. 2, 2009. Disponível em: www.jstor.org/stable/26268316. Acesso em: 6 maio 2020.

ROMANSINI, S.R.M. **O Catador de resíduos sólidos recicláveis no contexto da sociedade moderna**. 2005. Dissertação (Mestrado) – Universidade do Extremo Sul Catarinense, Criciúma, 2005.

ROSSETTI, M.; CAPORLINGUA, V.H.; MOURA, V.S. Educação ambiental política para a participação da comunidade rural nas discussões do plano municipal de saneamento básico de Novo Hamburgo-RS. **Revista Pedagógica**, v. 21, p. 481-499, 2019.

RUTKOWSKI, J.; LIANZA, S. Sustentabilidade de empreendimentos solidários: que papel espera-se da tecnologia?. *In*: LASSANCE JR., A. *et al.* **Tecnologia social – uma estratégia para o desenvolvimento**. Rio de Janeiro: Fundação Banco do Brasil, 2004. p.167-186.

RURAL WATER SUPPLY NETWORK. **History**. Disponível em: <https://www.rural-water-supply.net/en/about/history>. Acesso em: 27 abr. 2021.

SÃO CARLOS. Lei Nº 18.053 de 19 de dezembro de 2016, institui o Plano Diretor do Município de São Carlos e dá outras providências. 2016. Disponível em: <http://www.saocarlos.sp.gov.br/images/sto-ries/pdf/2017/pde/lei18053%20-%20Plano%20Diretor%20-%20digi-tal.pdf>. Acesso em: 05 de jun de 2020.

SÁNCHEZ, L.E. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. 2.ed. São Paulo: Oficina de Textos, 2013.

SANTAROSA, L.V. **Caracterização física dos solos degradados por erosão hídrica e implantação de técnicas de recuperação no assentamento rural Nova Esperança, município de Euclides da Cunha Paulista - SP**. 2014. Monografia (Trabalho de Conclusão de Curso) - Universidade Estadual Paulista Julio de Mesquita Filho, Ourinhos, 2014. Disponível em: <http://hdl.handle.net/11449/156182>. Acesso em: 15 maio 2020.

SANTOS JUNIOR, E.R. Tecnologias sociais, um breve quadro. *In*: FANTIN, M.; SOUZA, E.R.; SETO, P.T. (Org.). **Projeto assentamento: cartilha de práticas extensionistas em saneamento ambiental rural**. Diálogos entre ciência, política e sustentabilidade. São Carlos: IAU/USP, 2021. DOI: 10.11606/9786586810196.

SANTOS, M. 1992: a redescoberta da natureza. **Estudos Avançados**, v. 6, n. 14, p. 95-106, 1992.

SÃO CARLOS (Cidade). Lei nº 18.053, de 19 de dezembro de 2016. Estabelece o Plano Diretor do Município de São Carlos, e dá outras providências. **Diário Oficial de São Carlos**, São Carlos, 28 dez. 2016, ano 8, n. 1003, p.1-32.

SARTORI, R.C. O Conhecimento científico moderno e a crise ambiental. **REMEA** - revista eletrônica do mestrado em educação ambiental, v. 16, p. 120-130, jan./jun. 2006. DOI: <https://doi.org/10.14295/remea.v16i0.2816>.

SCHALCH, V. **Curso de gerenciamento de resíduos sólidos**. Fortaleza: CEFET – CE/CAPES, 2003.

SILVA, M. A. M. Educação Ambiental para a cidadania e a construção de valores morais: diálogos entre pesquisa e intervenção. 2015. Tese de Doutorado. Universidade de São Paulo. Disponível em: <https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/48/48134/tde-12052015-142113/en.php>. Acessado em 5 set 2021

SILVA, A.C. *et al.* Impacto físico-químico da deposição de esgotos em fossas sobre as águas de aquífero freático em Ji-Paraná-RO. **Revista de estudos ambientais**, v. 11, n. 2, p. 101-112, 2010.

SILVA, B.F.; FALCOSKI, L.A.N. Paradigmas inovadores em planejamento urbano e gestão. **Semina: ciências exatas e tecnológicas**, v. 21, n. 4, p. 77-82, dez. 2000. DOI: <http://dx.doi.org/10.5433/1679-0375.2000v21n4p77>.

SILVA, R.A. *et al.* A Gestão dos resíduos sólidos no meio rural: o estudo de um assentamento da Região Nordeste do Brasil. **Gestão e Sociedade**, v. 8, n. 20, p. 593-613, 2014.

SILVA, Gildete Clarinda das Virgens. **Avaliação crítica da qualidade das águas da bacia hidrográfica do Rio Joanes**. 2009.

SILVA, W.T.L.; FAUSTINO, A.S.; NOVAES, A.P. **Eficiência do processo de biodigestão em fossa séptica biodigestora inoculada com esterco de ovino**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2007.

SILVEIRA, A.L.L. Ciclo hidrológico e bacia hidrográfica. *In*: TUCCI, C.E.M. (Coord.). **Hidrologia: ciência e aplicação**. 2.ed. Porto Alegre: Ed.UFRGS; ABRH, 2001. P.35-50. (Coleção ABRH de Recursos Hídricos, v.4).

SMITH, R.E. *et al.* **Avaliação de um banheiro seco com vaso segregador em Florianópolis, SC**. 2015. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Santa Catarina, 2015.

SOARES, M.T.S. *et al.* Eficiência de fossa séptica biodigestora na redução de parâmetros biológicos em esgoto originado de água doce ou salobra, na borda oeste do Pantanal. **Cadernos de Agroecologia**, v. 11, n. 2, 2016. Disponível em: <https://revistas.aba-agroecologia.org.br/cad/article/view/21132>. Acesso em: 20 julho 2021.

SOUZA, M.P. **Instrumentos de gestão ambiental: fundamentos e prática**. São Carlos: Riani Costa, 2000.

SOUSA, C. D. S. S. **Banheiro seco: tecnologia social para a promoção da saúde em comunidades situadas na zona rural do Baixo Munim, Maranhão**. 2014. Tese de Doutorado. UEMA.

SOUZA, N.F.C. *et al.* Práticas em educação ambiental voltadas à implementação do sistema de esgotamento sanitário de Presidente Médici (RO). **Revista Brasileira de Educação Ambiental**, v. 14, n. 1, p. 275-294, 2019.

SOUZA-ESQUERDO, Vanilde Ferreira; BERGAMASCO, Sonia Maria Pessoa Pereira. Reforma Agrária e Assentamentos Rurais: perspectivas e desafios. In: V **Jornada de Estudos em Assentamentos Rurais**. Campinas, SP, 2011. Disponível em: <http://transformatoriomargaridas.org.br/sistema/wpcontent/uploads/2015/02/1406231456wpdm_Texto-REFORMA-AGR%C3%81RIA-E-ASSENTAMENTOS-RURAI-PERSPECTIVAS-E-DESAFIOS-.pdf> acessado em: 23 de abril de 2020

SPAROVEK, G. A Qualidade dos assentamentos da reforma agrária brasileira. São Paulo: Página & Letras, 2003.

SUAREZ, J. Deslizamientos: análisis geotécnico. Bucaramanga: Universidad Industrial de Santander, 2009. v.1.

TABARIN, Isadora Andrade; FANTIN, Marcel. **Estudos e aplicações de metodologias para o Diagnóstico Socioambiental do Assentamento Nova São Carlos - São Carlos (SP) - Segunda edição: etapa qualitativa**. Relatório final do Programa Unificado de Bolsas da USP (PUB), 2018.

TAVER, L. C.; VARISON, L. R.; MONTAÑO, M. Diagnóstico do Assentamento Comunidade Agrária Nova São Carlos e Região (ACASCAR). Relatório final do Programa Unificado de Bolsas da USP (PUB), 2017.

TAVEIRA, M.R. **O Cerco da empresa Suzano no Assentamento Califórnia e na Vila Sudelândia: resistência frente ao agronegócio**. 2014. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pará, Belém, 2014.

TEIXEIRA, J.C.; HELLER, L. Fatores ambientais associados à diarreia infantil em áreas de assentamento subnormal em Juiz de Fora, Minas Gerais. **Revista Brasileira de Saúde Materno Infantil**, v. 5, n. 4, p. 449-455, 2005.

TEIXEIRA, J.C.; GOMES, M.H.R.; SOUZA, J.A. Associação entre cobertura por serviços de saneamento e indicadores epidemiológicos nos países da América Latina: estudo com dados secundários. **Revista Panamericana de Salud Pública**, v. 32, p. 419-425, 2012.

THOMAZ, E.L.; ANTONELI, V.; DIAS, W.A. Estimativa de proveniência de sedimento em cabeceira de drenagem com alta densidade de estradas rurais não pavimentadas. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 16, n. 2, p. 25-37, 2011.

TONETTI, A.L. *et al.* **Tratamento de esgotos domésticos em comunidades isoladas**: referencial para a escolha de soluções. Campinas: Biblioteca UNICAMP, 2018.

TUCCI, C.E.M. **Hidrologia**: ciência e aplicação. 2.ed. Porto Alegre: Ed.UFRGS; ABRH, 2001.

TUCCI, C.; CLARKE, R. Impactos das mudanças da cobertura vegetal no escoamento: revisão. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 2, n. 1, p. 135–152, 1997.

VALERIANO, J.V.M. *et al.* Uso do efluente de fossa séptica biodigestora como biofertilizante no solo e sua influência na produtividade de biomassa na cultura do milho. *In*: JORNADA CIENTÍFICA-EMBRAPA SÃO CARLOS, 10., 2018, São Carlos. **Anais [...]**. São Carlos: Embrapa Instrumentação Pecuária Sudeste, 2018. p.33.

VIANA, I.L.B. *et al.* Banheiro seco como alternativa sanitária e ecológica: levantamento das implementações no Brasil. **Meio Ambiente (Brasil)**, v. 2, n. 4, p. 84-104, 2020.

VIEIRA, L.B.; FERREIRA, M.C.D. Estudo da bacia de evapotranspiração como solução para destinação de esgoto sanitário, uma revisão bibliográfica. *In*: CONGRESSO BAIANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 4., Cruz das Almas, 2016. **Anais [...]**. Cruz das Almas: Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, 2016.

YUBA, A.N. Análise da pluridimensionalidade da sustentabilidade da cadeia produtiva de componentes construtivos de madeira de plantios florestais. 2005. Tese (Doutorado) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, São Carlos, 2005.

ZUQUETTE, L.V.; SILVA JR., E.M.; GARCIA, A. Aspectos de sorção para os materiais inconsolidados da região de São Carlos (SP), Brasil. **REM**: revista Escola de Minas, v. 61, n. 2, p. 219-230, 2008. DOI: <https://dx.doi.org/10.1590/S0370-44672008000200017>.