

Caro leitor,

Neste número, a Revista InterfacEHS traz temas variados dentro da área de meio ambiente e saúde, com resultados relevantes de pesquisas desenvolvidas em diversas instituições do país.

Neste contexto, começamos a revista apresentando sobre as “Espécies de moluscos invasores nos ecossistemas aquáticos brasileiros e seu impacto no meio ambiente” dos autores Cassio Geremia Freire, Andrea Tozzo Marafon. Na sequência desta edição temos artigos científicos que destacam sobre “*Smart Characterization* para mapeamento da distribuição de contaminantes em área fonte impactada por solventes clorados - Júlio Vilar, Lucas Jardim, Marcos Tanaka Riyis e Rodrigo César de Araújo Cunha; “Análise dos riscos ocupacionais no ambiente de trabalho de uma marcenaria” dos autores Tallita Tostes da Costa, Fábio Ribeiro de Oliveira e Thiago Roberto Bandim Mariano; “A falsa metáfora dos plásticos biodegradáveis e verdes” do autor Marcos Roberto Kiss; “Elaboração de um organograma documental básico para aprovação de projetos de saneamento em um loteamento residencial do município de Videira, Santa Catarina, Brasil” dos autores João Carlos Puelacher, Roger Francisco Ferreira de Campos e Tiago Borga; “Dimensionamento e análise da eficiência de um sistema de tratamento de efluente doméstico para edifício residencial” dos autores Caroline Schutz Wendling, Roger Francisco Ferreira de Campos, Renael Antonio Ferreira da Silva, Caroline Aparecida Matias e Grazyell e Rocha Pereira; “Mapa de Risco: Elaboração e implantação em uma lanchonete localizada no município de Caçador, Santa Catarina, Brasil” dos autores Bruna Luisa Santin Backes e Roger Francisco Ferreira de Campos; “Implantação de ferramentas para gestão dos recursos hídricos para fins não potáveis em condomínio residencial no município de Caçador, Santa Catarina, Brasil dos autores Djanecler Alves, Roger Francisco Ferreira de Campos e Tiago Borga e “Proposição de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA para uma empresa de estruturas metálicas em Caçador/SC” dos autores Guilherme Vieira e Roger Francisco Ferreira de Campos.

Os autores, a equipe editorial e os avaliadores *ad hoc* da Revista InterfacEHS têm trabalhado intensamente para produzir uma revista com artigos que tratem de temas relevantes e os resultados, análises e as conclusões constituam contribuição relevante para a área de Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade.

Espero que a leitura dos artigos contribua para o enriquecimento de seu aprendizado.

Tenha uma ótima leitura!

Emília Satoshi Miyamaru Seo
Editora

Espécies de moluscos invasores nos ecossistemas aquáticos brasileiros e seu impacto no meio ambiente

Invasive mollusc species in Brazilian aquatic ecosystems and their impact on the environment

Cassio Geremia Freire, Andrea Tozzo Marafon

Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP)

Departamento de Ciências Biológicas e da Saúde

cassio.geremia@uniarp.edu.br, andreamarafon@uniarp.edu.br

Resumo. A bioinvasão de espécies em diversos ecossistemas vem ocasionando uma enorme perda de biodiversidade global. Nos últimos anos, tem aumentado o número de pesquisas envolvendo a caracterização e o levantamento de moluscos invasores em ecossistemas aquáticos brasileiros. Devido a isso, o objetivo desta revisão é sumarizar as informações disponíveis na literatura científica sobre os principais moluscos bioinvasores aquáticos no Brasil, evidenciando sua distribuição geográfica e demonstrando as influências destes seres nas relações ecológicas entre os organismos da comunidade receptora e as atividades humanas relacionadas. Para as bases de dados consultadas, foram referenciadas cinco principais espécies de moluscos invasores (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, *Perna perna*, *Melanooides tuberculatus* e *Isognomon bicolor*) que juntas, são citadas para quase 80% dos estados brasileiros. É importante ressaltar que as pesquisas sobre biologia e ecologia destes seres vivos são primordiais para a compreensão das relações com o meio ambiente e com a biodiversidade natural. O controle do descarte da água de lastro e a recuperação ecológica dos ambientes aquáticos brasileiros podem reduzir significativamente os danos ecológicos desenvolvidos pela bioinvasão de moluscos.

Palavras-chave: bioinvasão, *Limnoperna fortunei*, água de lastro.

Abstract. The bioinvasion species in different ecosystems is causing an enormous loss of global biodiversity. In recent years, it has also increased the number of research involving the characterization and the survey of invaders molluscs in Brazilian aquatic ecosystems. The objective of this review is to summarize the information available in the scientific literature about the main aquatic bioinvaders molluscs in Brazil, showing their geographical distribution and demonstrating the influences of these species in ecological relationships between organisms of the receiving community and related human activities. For the databases consulted, were referenced five main mollusc species invaders (*Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, *Perna perna*, *Melanooides tuberculatus* e *Isognomon bicolor*) that together are cited for almost 80% of Brazilian states. Is important noting that the researches about biology and ecology of these living beings are primordial to the understanding of the relations with the environment and natural biodiversity. The control of ballast water disposal and the ecological recovery of Brazilian aquatic environments can significantly reduce the ecological damages caused by the bioinvasion of molluscs.

Key words: bioinvasion, *Limnoperna fortunei*, ballast water

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade

Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac

ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

A introdução de espécies exóticas em diversos ecossistemas, principalmente os aquáticos, é considerada como uma das maiores causas da perda de biodiversidade global (USC, 2012; STACHOWICZ; WHITLATCH; OSMAN, 1999). Este fenômeno, conhecido como invasão biológica ou bioinvasão (NISC, 2017), é cientificamente reconhecido há muito tempo (ELTON, 1958) e tem demonstrado uma real preocupação da comunidade científica brasileira, pois vem acarretando significativos problemas de ordem econômica, ecológica e social (CARLTON, 1992; TEIXEIRA et al., 2010).

A bioinvasão de moluscos exóticos atualmente vem demonstrando um problema não somente aos ecossistemas naturais, mas também às diversas atividades humanas em sistemas industriais e produtivos (USC, 2012; CARLTON, 1992; TEIXEIRA et al., 2010). Dentre os processos que diminuem a biodiversidade, pode-se destacar a exclusão competitiva de espécies nativas, a predação de espécies naturais, a hibridização e a alteração na estrutura das cadeias tróficas pré-estabelecidas (BERMAN et al. 1992; HUXEL 1999). Estes fatores promovem a adaptação das espécies invasoras em detrimento das espécies nativas e desequilibram o ecossistema natural.

A crescente taxa de bioinvasão de moluscos aquáticos observada no Brasil está intimamente relacionada ao fato de que 95% de todo o comércio exterior do país é realizado via marítima (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). Espécimes adultos e larvas de moluscos exóticos ficam aderidos ao casco ou ainda permanecem na água de lastro destes navios. Quando as embarcações liberam a água de lastro para se reabastecer de mercadorias, os espécimes são transferidos de uma região à outra, onde provocam desequilíbrios ecológicos e disseminam, em muitos casos, doenças (ANVISA, 2003; NEVES, 2006; SILVA; BARROS, 2011).

Apesar da água de lastro ser a principal causa de disseminação de espécies aquáticas exóticas, pode-se citar outros vetores que contribuem para agravar esta situação, incluindo atividades relacionadas à maricultura e aquariofilia, a pesca e o descarte de iscas vivas, a bioincrustação em embarcações, a abertura de canais ou dutos, o escape científico, detritos plásticos e de outros materiais flutuantes, além de equipamentos e plataformas de petróleo (CARLTON, 2001).

Todos estes fatores contribuem para a proliferação de moluscos invasores que, ao transpassar as barreiras impostas pelos novos ecossistemas e se adaptar a eles, se disseminam e interagem com o meio e com os seres presentes nele. Isso intervém de forma negativa e ocasiona prejuízos ainda não totalmente compreendidos ou mensurados pela comunidade científica (TEIXEIRA et al., 2010).

O objetivo deste artigo é sumarizar as informações disponíveis na literatura científica sobre a bioinvasão de moluscos nos ecossistemas aquáticos brasileiros, evidenciando sua distribuição geográfica e demonstrando as influências destes seres nas relações ecológicas entre os organismos da comunidade receptora e as atividades humanas relacionadas.

2. Material e Métodos

Foi realizada, de fevereiro a setembro de 2017, uma pesquisa bibliográfica sobre os registros de invasões biológicas de moluscos em ecossistemas aquáticos no Brasil. Esta pesquisa foi elaborada a partir da base de dados Scielo - <http://www.scielo.org/php/index.php> - e do Portal I3N Brasil do Instituto Hórus de Conservação Ambiental que relaciona informações sobre as espécies exóticas invasoras, disponível em: <http://i3n.institutohorus.org.br/www/>. O estudo foi feito a partir das

seguintes palavras-chave: moluscos, bioinvasão, invasão biológica, *ballast water*, *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, e utilizou material já publicado, constituído principalmente de artigos em periódicos, livros, dissertações e teses, resumos e anais de eventos científicos que apresentassem especificamente informações relacionadas sobre a introdução de moluscos exóticos invasores no território brasileiro. Além disso, outras referências disponíveis na rede mundial de computadores foram utilizadas para complementar a pesquisa que se baseou no levantamento das espécies, distribuição geográfica brasileira e relações ecológicas com o ecossistema natural invadido.

3. Espécies Exóticas Invasoras

De acordo com a União Internacional da Conservação da Natureza - International Union for Conservation of Nature (IUCN, 2017), espécies exóticas são aquelas que estão fora de sua área de distribuição natural e que possuem capacidade de distribuição nessa nova área. Estas espécies não poderiam se encontrar nestas novas regiões sem a introdução ou interferência antrópica direta ou indireta e inclui qualquer porção, órgão ou gameta deste ser vivo (NISC, 2017).

Outras espécies apresentam uma larga disseminação mundial e há dúvidas se elas foram introduzidas ou são naturais de determinadas áreas. Isso ocorre porque associada à ampla distribuição há pouca ou nenhuma informação sobre os padrões naturais de distribuição de espécies em determinados ecossistemas. Nestes casos de incerteza de origem natural ou introdutória, a espécie é denominada criptogênica (SOUZA; FERNANDES; SILVA, 2003).

Por outro lado, as espécies exóticas invasoras são encontradas em regiões biogeográficas diferentes das quais evoluíram e se adaptaram e apresentam potencial para ameaçar a diversidade biológica nativa (CARLTON, 1996; IUCN, 2017). Ao se estabelecer com sucesso em uma nova área, uma espécie invasora transpassa algumas etapas, que são: o transporte, a liberação, o estabelecimento, a dispersão e o impacto (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009). O transporte limita-se à chegada por alguma via de seu local de origem ao outro meio ambiente. A introdução refere-se à liberação e a sobrevivência deste ser no ambiente novo. O estabelecimento na nova área compreende a adaptação às pressões seletivas e as novas situações de estresses possibilitando a reprodução no novo local, para constituir uma população viável. A dispersão remete a capacidade de se proliferar após a adaptação ao meio. E por fim, o impacto refere-se às relações negativas da espécie invasora ao ecossistema ou a qualquer espécie presente no meio natural (CARLTON, 1996; TEIXEIRA *et al.*, 2000).

A capacidade de bioinvasão de um organismo exótico está relacionada tanto a fatores abióticos e bióticos do meio quanto a características próprias destes seres. Assim, as principais características do meio relacionadas ao sucesso de uma invasão biológica são o grau de perturbação do ecossistema receptor e a ausência de predadores, parasitas e/ou competidores naturais nestes locais (REUSCH, 1998; PERRINGS, 2002). Além disso, as principais características típicas do organismo invasor para seu sucesso são a variabilidade genética, o tamanho corpóreo (ROY; JABLONSKI; VALENTINE, 2002), a ampla tolerância fisiológica (euritópico), a grande capacidade de adaptação às variações ambientais (eurióico) e uma reprodução acelerada (RUIZ, 1997; GROSHOLZ; RUIZ, 2003).

4. Moluscos Aquáticos Invasores no Brasil

Para que um organismo exótico tenha sucesso na bioinvasão de um ecossistema aquático, ele precisa apresentar características como possuir um curto período de vida, ser eurióico e euritópico, possuir grande variabilidade genética e se alimentar de partículas em suspensão na água ou ser planctívoro (MORTON, 1997). A maioria destas características está presente em moluscos (BARNES, 1984) e isso proporciona uma alta capacidade de invasão biológica destes seres vivos (FACHINI, 2011).

Apesar dos moluscos serem altamente adaptáveis aos ecossistemas aquáticos, a bioinvasão não ocorreria de forma tão significativa se inexistisse intervenção antrópica direta ou indireta (NISC, 2017). A principal atividade humana relacionada ao aumento da taxa de invasão biológica observada no Brasil é a utilização de embarcações que usam água de lastro (ANVISA, 2003) para o transporte comercial externo, atividade que chega a 95% do total deste comércio no país (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). Outras atividades também contribuem para este desequilíbrio ecológico no Brasil como a maricultura, a aquariofilia, a pesca e o descarte de iscas vivas, a bioincrustação em embarcações, a abertura de canais ou dutos e a construção e utilização de equipamentos e plataformas de petróleo (CARLTON, 2001).

Além destes fatores, o estado pouco conservado de muitos ecossistemas brasileiros contribui expressivamente para o sucesso de moluscos invasores aquáticos encontrados no país (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). Principalmente nos ambientes aquáticos, a degradação pode facilitar o desenvolvimento das espécies bioinvasoras que nos ecossistemas poluídos encontram um ambiente de menor competição e podem se proliferar mais facilmente (DUFFY *et al.*, 2000).

Nos últimos anos aumentou de forma significativa o número de pesquisas envolvendo a caracterização e o levantamento de moluscos invasores em ecossistemas aquáticos brasileiros (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Entretanto, ainda é necessário muito esforço científico para caracterizar e propor soluções aos problemas ecológicos e econômicos relacionados a esta bioinvasão. Na Tabela 1, pode-se observar uma lista das principais espécies identificadas no Brasil recentemente e as áreas nas quais foram caracterizadas como invasoras.

Dentre a macrofauna bentônica invasora no Brasil, os moluscos apresentam as espécies bioinvasoras mais importantes tanto ecologicamente quanto economicamente no país (TEIXEIRA *et al.*, 2010). Há relatos de moluscos invasores em quase todos os estados brasileiros com ênfase na distribuição e número de publicações nas áreas estuarinas e portuárias do país (SILVA; BARROS, 2011).

Apesar de um número maior de espécies ser citado para o Brasil, pode-se listar cinco como as principais espécies de moluscos exóticos invasores de ecossistemas aquáticos brasileiros - *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, *Perna perna*, *Melanoides tuberculatus* e *Isognomon bicolor* (SILVA; BARROS, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2010; ROCHA *et al.*, 2011), conforme Tabela 1. Estes seres vivos possivelmente foram trazidos de seus ambientes naturais através da bioincrustação ou da água de lastro de embarcações (ANVISA, 2003) vindas de outros países, principalmente dos continentes Asiático e Africano (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009).

Na Tabela 1, além da caracterização da origem da espécie invasora, ainda há dados sobre o estado brasileiro onde ocorreram registros de bioinvasão destes organismos.

Tabela 1. Lista dos principais moluscos exóticos invasores no Brasil com suas respectivas origens e locais de invasão.

Epíteto específico/ 'nome popular'	Origem	Local de invasão	Referências
<i>Corbicula fluminea</i> (Müller, 1774) 'berbigão asiático'	Ásia	Bacia do Rio Tietê, São Paulo	Suriani, França & Rocha (2007); Rocha <i>et al.</i> (2011)
		Lago Guaíba, Rio Grande do Sul	Silva & Stuff (2011)
		Itaipu, Paraná	Luz <i>et al.</i> (2002)
<i>Isognomon bicolor</i> (C. B. Adams, 1845) 'mexilhão bicolor'	Mar do Caribe (Jamaica)	Rio Negro, Amazônia central Ceará, Fortaleza	Pimpão & Martins (2008) Bezerra (2010)
		Porto do Recife, Pernambuco	Farrapeira <i>et al.</i> (2007)
		Litoral brasileiro (Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Santa Catarina)	Domaneschi & Martins (2002)
<i>Limnoperna fortunei</i> (Dunker, 1857) 'mexilhão dourado'	Sudeste asiático (China, Coreia...)	Porto Alegre, Rio Grande do Sul	Mansur, Richinitti & Santos (1999); Mansur, Pereira (2006)
		Lago Guaíba, Rio Grande do Sul	Fachini (2011)
		Itaipu, Paraná	Lösch <i>et al.</i> (2009)
		Bacia do Rio Tietê, São Paulo	Rocha <i>et al.</i> (2011)
<i>Melanoides tuberculatus</i> (Müller, 1774) 'gastropodo ou caramujo africano-asiático'	África, Ásia e ilhas do Indo-Pacífico	Pantanal, Mato Grosso do Sul	Oliveira <i>et al.</i> (2006)
		Bacia do Rio Tietê, São Paulo	Rocha <i>et al.</i> (2011)
		Médio Rio Tietê, São Paulo	Suriani, França & Rocha (2007); Paula <i>et al.</i> (2017)
		Ilha Grande, Rio de Janeiro	Santos, Miyahira & Lacerda (2007)
<i>Perna perna</i> (Linnaeus, 1758) 'mexilhão marrom'	Atlântico Oriental, costa oeste da África	Região litorânea da Paraíba	Paz <i>et al.</i> (1995)
		Porto do Recife, Pernambuco	Farrapeira <i>et al.</i> (2007)
		Areia Branca, Rio Grande do Norte	Silveira <i>et al.</i> (2006)
		Ilha das Palmas, Baía de Santos, São Paulo	Henriques & Casarini (2009)
		Niterói, Rio de Janeiro	Pereira <i>et al.</i> (2007)

4.1 O berbigão asiático, *Corbicula fluminea* (Müller, 1774)

Corbicula fluminea (Müller, 1774), conhecido como berbigão asiático (*Asia clam*), é um bivalve (Bivalvia, Mollusca) originário da Ásia (MANSUR; PEREIRA, 2006). Esta espécie caracteriza-se por poder habitar ambientes fluviais, lacustres e estuarinos

(MANSUR; PEREIRA, 2006), além de ser encontrada, principalmente, em áreas de fundo arenoso ou bancos de areia, tanto em ambientes lênticos quanto lóticos (LEE *et al.*, 2005). A espécie foi trazida ao continente Americano como alternativa alimentar e se disseminou amplamente (SURIANI; FRANÇA; ROCHA, 2007). No Brasil, *C. fluminea* já foi registrada nos estados do Amazonas, Pará, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, Minas Gerais, São Paulo, Rio Grande do Sul, Paraná e Santa Catarina (PIMPÃO; MARTINS, 2008; SILVA; STUFF, 2011; ROCHA *et al.*, 2011; LUZ *et al.*, 2002; SURIANI; FRANÇA; ROCHA, 2007; SILVA; BARROS, 2011) (Tabela 1).

Problemas ecológicos e econômicos já ocorrem devido à bioinvasão de *C. fluminea* em diversos locais como o entupimento de tubos de condensadores, canos de sistemas de combate a incêndio em rios, riachos e represas voltados ao abastecimento de água (HAKENKAMP; MARGARET, 1999). Além disso, há relatos de competição ecológica de *C. fluminea* diminuindo a biodiversidade de espécies nativas de ecossistemas brasileiros. Isso ocorre, por exemplo, com a espécie *Neocorbicula limosa* (Maton, 1811), natural do lago Guaíba, Rio Grande do Sul, que vêm apresentando uma redução no número de espécimes depois de constatada a bioinvasão de *C. fluminea* neste ambiente (SILVA; STUFF, 2011).

4.2 *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845)

Conhecido como mexilhão bicolor, *Isognomon bicolor* (C. B. Adams, 1845) é um bivalve originário do Mar do Caribe (Jamaica) e responsável por bioinvasões em diversos estados brasileiros (SILVA; BARROS, 2011). Esta espécie é caracterizada por ser planctívora e por habitar ambientes marinhos, substratos consolidados e costões amplos no mesolitoral, poças de maré no supralitoral até sete metros de profundidade no infralitoral, em locais banhados por ondas de baixo impacto e correndo subparalelas à superfície da rocha (DOMANESCHI; MARTINS, 2002).

Para o Brasil, já foram realizados registros nos estados do Rio Grande do Norte, Pernambuco, Bahia, Rio de Janeiro, São Paulo, Paraná e Santa Catarina (BEZERRA, 2010; FARRAPEIRA *et al.*, 2007; DOMANESCHI; MARTINS, 2002; SILVA; BARROS, 2011).

I. bicolor causa impactos ecológicos em ecossistemas onde é considerado uma espécie exótica invasora, principalmente em ambientes marinhos, pois ocasiona mudanças na estrutura das comunidades bentônicas de substrato rochoso e altera as cadeias tróficas naturais (BEZERRA, 2010).

4.3 O mexilhão dourado, *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857)

Limnoperna fortunei é originário do sudeste da Ásia e conhecido popularmente por mexilhão dourado (Dunker, 1857). No continente americano, *L. fortunei* é invasor de ecossistemas de água doce, se fixando em vários tipos de substratos firmes e endurecidos, inclusive sobre outros seres vivos com auxílio de um filamento de base protéica, o bisso (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009). *L. fortunei*, além de apresentar todas as características de um bioinvasor de sucesso (RUIZ, 1997; GROSHOLZ; RUIZ, 2003), possui estágio larvar planctônico, o que permite sua ampla e ágil dispersão por diversos ecossistemas e o possibilita produzir altas densidades populacionais (DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009).

No território brasileiro, *L. fortunei* é um dos animais invasores de maior impacto ecológico e econômico (TEIXEIRA *et al.*, 2010), já descrito em diversos estados como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Paraná, Rio Grande do Sul, São Paulo e Minas Gerais (MANSUR; RICHINITTI; SANTOS, 1999; MANSUR; PEREIRA, 2006; FACHINI, 2011; LÖSCH *et al.*, 2009; ROCHA *et al.*, 2011; OLIVEIRA *et al.*, 2006; RÜCKERT; CAMPOS; ROLLA, 2004; SILVA; BARROS,)

Dentre os principais impactos relacionados à bioinvasão de *L. fortunei* estão as alterações na ciclagem de nutrientes e nas comunidades bentônica e fitoplanctônica de ecossistemas naturais (RÜCKERT; CAMPOS; ROLLA, 2004), causando desequilíbrios e promovendo a proliferação excessiva de outros grupos de invertebrados não moluscos como oligoquetos, isópodos, hirudíneos, entre outros (DARRIGRAN, 2002).

Outro problema ecológico constatado é a competição com outros animais filtradores nativos, fato que pode ocasionar diminuição ou mesmo extinção destas espécies com impactos incalculáveis (MANSUR; RICHINITTI; SANTOS, 1999). Além disso, *L. fortunei* pode ocasionar alterações nas cadeias tróficas pré-existentes, visto que, acaba sendo incorporada à alimentação principalmente da ictiofauna (GARCIA; PROTOGINO, 2005).

Os principais impactos econômicos são derivados do rápido e descontrolado crescimento de *L. fortunei* em instalações que utilizam água ou entram em contato com cursos de águas infestados, causando obstruções, entupimentos e contaminações em instalações de tratamento de água, usinas hidrelétricas e tubulações da rede de esgoto com grandes perdas financeiras (RICCIARDI, 1998; MANSUR; RICHINITTI; SANTOS, 1999).

4.4 O gastrópodo *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774)

Conhecido popularmente como caramujo africano-asiático, *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) é um gastrópode (Gastropoda, Mollusca) nativo do leste e norte da África, da Ásia e das ilhas do Indo-Pacífico. É considerada uma espécie altamente invasiva, com capacidade de colonizar áreas impactadas por atividades antrópicas, principalmente locais de águas rasas, com substrato de granulometria fina e rico em detritos orgânicos (POINTIER, 1993).

M. tuberculatus é o molusco invasor mais amplamente disseminado no território brasileiro, estando atualmente descrito em 18 estados: Pará, Tocantins, Bahia, Ceará, Sergipe, Pernambuco, Paraíba, Piauí, Rio Grande do Norte, Goiás, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, São Paulo, Minas Gerais, Rio de Janeiro, Santa Catarina, Paraná e Espírito Santo (ROCHA *et al.*, 2011; SURIANI; FRANÇA; ROCHA, 2007; SANTOS; MIYAHIRA; LACERDA, 2007; PAZ *et al.*, 1995; FARRAPEIRA *et al.*, 2007; ROSA; SOUTO; BRITO, 2010; SILVA; BARROS, 2011).

O gastrópode *M. tuberculatus* apresenta certo grau de resistência à poluição e pode se disseminar rapidamente, encobrendo quase totalmente o sedimento no qual se instala e competindo diretamente com as espécies nativas (ROSA; SOUTO; BRITO, 2010). Com isso, afeta negativamente populações de diversas espécies nativas de moluscos (POINTIER; JOURDANE, 2000), além de poder atuar como hospedeiro de trematódeos exóticos que infectam peixes e aves, causando a mortalidade destes (BRANDT, 2000).

4.5 *Perna perna* (Linnaeus, 1758), o mexilhão marrom

O bivalve (Bivalvia, Mollusca) *Perna perna* (Linnaeus, 1758) é natural do Atlântico Oriental, costa oeste da África e considerado como o primeiro molusco invasor do território brasileiro, com descrições efetuadas desde o século XVIII (SOUZA; FERNANDES; SILVA, 2003). Por ter bioinvadido tão precocemente o território brasileiro, *P. perna* foi, inicialmente, considerado como uma espécie criptogênica ou mesmo natural do Brasil (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009). Entretanto, o patamar de bioinvasor foi confirmado através de estudos analíticos dos sambaquis brasileiros onde não foram encontrados vestígios do molusco *P. perna*, além de estudos biomoleculares comparativos com moluscos africanos (SOUZA; LIMA; SILVA, 2010).

P. perna apresenta caráter planctívoro e possui uma grande capacidade de se adaptar a diferentes fatores ambientais, estando amplamente disseminado nos ecossistemas marinhos brasileiros e substratos consolidados (SILVEIRA *et al.*, 2006). No Brasil, o mexilhão *P. perna* já foi descrito nos estados do Rio Grande do Norte, Rio Grande do Sul, Santa Catarina, Paraná, Espírito Santo, São Paulo e Rio de Janeiro (SILVEIRA *et al.*, 2006; HENRIQUES; CASARINI, 2009; PEREIRA *et al.*, 2007; SILVA; BARROS, 2011).

4.6 Outros moluscos invasores no Brasil

Este estudo se preocupou com os moluscos invasores de maior disseminação e impacto nos ecossistemas aquáticos brasileiros, culminando na descrição das espécies citadas na Tabela 1. Apesar disso, outras espécies de moluscos invasores também são citadas pela comunidade científica para o Brasil, estando relacionadas aos ecossistemas aquáticos e terrestres.

Nesse contexto de bioinvasão, podem-se referenciar as espécies de gastrópodes terrestres *Achatina fulica* (AGUDO-PADRÓN, 2008; FISHER; COLLEY, 2009), conhecida como caramujo-gigante africano, e *Helix aspersa* (AGUDO-PADRÓN, 2008), conhecido como 'Escargot'; e os bivalves *Myoforceps aristatus*, *Corbicula largillierti*, *C. fluminalis* e *Mytilopsis leucophaeta*, que apresentam significativos registros para o território brasileiro (SILVA; BARROS, 2011; TEIXEIRA *et al.*, 2010).

Devido à limitação desta pesquisa, sugere-se que outros estudos sejam realizados para caracterizar a real situação destas espécies nos ecossistemas brasileiros e que determinem as relações com as espécies nativas e atividades humanas relacionadas.

5. Manejo e Controle da Bioinvasão

As principais medidas de controle e manejo utilizadas contra a invasão biológica de moluscos em ecossistemas aquáticos e sistemas humanos (hidrelétricas, rede de água e esgotos, etc...) podem ser divididas em métodos físicos, químicos e biológicos. Dentre a lista físico-química de medidas, pode-se incluir a remoção manual ou mecânica através de água sob alta pressão, utilização de filtros, substâncias oxidantes ou biocidas (cloro, bromo, iodo, hidróxido de sódio, dicloroisocianurato de sódio), manipulação da temperatura da água, utilização de campos elétricos, luz ultravioleta, ozônio, anoxia, pinturas anti-incrustantes ou pulsos elétricos (BOLTOVSKOY; CATALDO, 1999).

Os métodos biológicos basicamente utilizam espécies predadoras para alimentar-se da espécie invasora em questão que, no caso do manejo de moluscos invasores, geralmente são peixes (MÄDER NETTO, 2011). Entretanto, esta técnica requer uma pesquisa extremamente detalhada e pode acabar piorando o problema ecológico e econômico ao introduzir (e disseminar) outra praga no ambiente (BOLTOVSKOY; CATALDO, 1999; DARRIGRAN; PASTORINO, 2003).

Além destes métodos, algumas medidas preventivas podem ser realizadas para diminuir a dispersão de moluscos invasores pela água através da limpeza adequada das embarcações, utilizando raspagem, água sanitária ou outros produtos biocidas antes de transportá-la de uma área infectada ou contaminada para outro ecossistema aquático (DARRIGRAN; PASTORINO, 2003).

Apesar disso, é inevitável que se conheça a biologia e ecologia da espécie invasora e as relações que ela pode desenvolver nos ambientes naturais e sistemas

humanos, pois o controle da bioinvasão de moluscos em qualquer ambiente apresenta particularidades e não existe um único método de prevenção ou controle que seja totalmente sustentável para solução destes problemas ecológicos (MÄDER NETTO, 2011; DARRIGRAN; PASTORINO, 2003). Afinal, ao se utilizar qualquer medida de controle ou intervenção para o manejo de bioinvasores devem ser monitoradas as características bióticas e abióticas naturais do ecossistema com a finalidade de não ocasionar danos à biodiversidade nativa a curto, médio ou longo prazo (IUCN, 2017; MÄDER NETTO, 2011).

6. Conclusão

Atualmente para o Brasil, cinco espécies de moluscos podem ser consideradas como principais bioinvasoras dos ecossistemas aquáticos - *Limnoperna fortunei*, *Corbicula fluminea*, *Perna perna*, *Melanooides tuberculatus* e *Isognomon bicolor*. Este fato está relacionado não somente a ampla distribuição geográfica destes organismos, que juntos são encontrados em quase 80% dos estados brasileiros, mas também pelos danos econômicos e ecológicos causados por eles aos ambientes naturais e atividades humanas associadas (MORTON, 1997; DARRIGRAN; DAMBORENEA, 2009; SILVA; BARROS, 2011).

A disseminação destes moluscos bioinvasores aquáticos no território brasileiro ocorre principalmente pela água de lastro, assim como é observado para um grande número de países no mundo (ANVISA, 2003). Esta água de lastro permanece contaminada com espécimes adultos ou larvas de bioinvasores que são posteriormente lançados em águas brasileiras, possibilitando a dispersão dos mesmos (SOUZA; CALAZANS; SILVA, 2009).

Verificou-se ainda que a bioinvasão no Brasil pode desempenhar sérios problemas ecológicos, visto que este processo é uma das principais ameaças à biodiversidade brasileira, um dos países mais biodiversos do mundo. Por isso, alguns mecanismos poderiam ser desenvolvidos para o controle/diminuição da bioinvasão de moluscos aquáticos no território brasileiro, como: a) atuar na conscientização populacional que atua diretamente no transporte náutico, evitando o descarte da água de lastro e resíduos contaminados por suas embarcações; b) controlar e limpar a água de lastro de embarcações e de seus resíduos, diminuindo significativamente a proliferação destas espécies em outros ecossistemas (BOLTOVSKOY; CATALDO, 1999; DARRIGRAN; PASTORINO, 2003); c) além de recuperar ecologicamente os ambientes aquáticos naturais, possibilitando que as espécies bioinvasoras encontrassem maior dificuldade de adaptação no ambiente (SILVA; BARROS, 2011).

Referências

AGUDO-PADRÓN, A. I. **Listagem sistemática dos moluscos continentais ocorrentes no estado de Santa Catarina, Brasil**. Comunicaciones de la Sociedad Malacológica del Uruguay. vol. 9 (91): 147–179. 2008. Disponível em: <http://scholar.google.com.br/scholar?q=bioinvasao+de+helix+aspersa+no+brazil&btnG=&hl=pt-BR&as_sdt=0>. Acessado em 17/02/2017.

ANVISA - AGÊNCIA NACIONAL DE VIGILÂNCIA SANITÁRIA (ANVISA). **Estudo "Brasil - Água de Lastro"**. Brasília, 2003. Disponível em: <http://www.anvisa.gov.br/divulga/public/paf/agua_lastro3.pdf>. Acessado em 11/04/2017.

BARNES, R. D. **Zoologia dos invertebrados**. 4. ed. São Paulo: Rocca. 1984.

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

BERMAN, J.; HARRIS, L.; LAMBERT, W.; BUTTRICK, M.; DUFRESNE, M. **Recent invasions of the Gulf of Maine: three contrasting ecological histories.** Conservation Biology, 6(3): 435-441. 1992. Disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1523-1739.1992.06030435.x/abstract>>. Acessado em 02/04/2017.

BEZERRA, D. F. **Distribuição da malacofauna em pilares dos terminais portuários do Ceará – Brasil, com ênfase no bivalve invasor *Isognomon bicolor*.** Dissertação (Mestrado). Dissertação (Mestrado) – Programa de Pós-Graduação em Ciências Marinhas Tropicais, Instituto de Ciências do Mar. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. 2010. Disponível em: <http://www.repositorio.ufc.br:8080/ri/bitstream/123456789/1707/1/2010_dis_dfbezerra.pdf>. Acessado em 10/05/2017.

BOLTOVSKOY, D.; CATALDO, D. H. **Population dynamics of *Limnoperna fortunei*, an invasive fouling mollusc, in the lower Parana River (Argentina).** Biofouling, v. 14, p. 255-263, 1999. Disponível em: <http://www.macn.secyt.gov.ar/investigacion/descargas/invertebrados/articulos/cataldo/1999_boltovskoy-cataldo.pdf>. Acessado em 14/05/2017.

CARLTON, James T. **Introduced marine and estuarine mollusks of North America: an end-of-the-20th-century perspective.** Journal of Shellfish Research, 11: 489-505. 1992.

CARLTON, James T. **Pattern, process, and prediction in marine invasion ecology.** Biological Conservation. vol. 78. pp. 97-106. 1996. Disponível em: <http://limnoreferences.missouristate.edu/assets/limnoreferences/Carlton_1996.pdf>. Acessado em 01/02/2017.

CARLTON, James T. **Introduced species in U.S. coastal waters: environmental impacts and management priorities.** Pew Oceans Commission, Arlington, Virginia. 2001.

DARRIGRAN, G. **Potential impact of filter-feeding invaders on temperate inland freshwater environments.** Biological Invasions 4: 145–156, 2002. Disponível em: <http://issg.org/database/species/reference_files/limfor/bivalveimpacts.pdf>. Acessado em 17/02/2017.

DARRIGRAN, G.; DAMBORENEA, C. **Bioinvasões: introdução à biologia das invasões.** O mexilhão dourado na América do Sul: biologia, dispersão, impacto, prevenção e controle. Cubo Editora: São Carlos, SP. p.1-29. 2009.

DARRIGRAN, G.; PASTORINO, G. **Bivalvos invasores en el Rio de La Plata, Argentina.** Com. Soc. Malacol. Uruguay, v. 7, p. 309-313, 1993. Disponível em: <http://www.macn.secyt.gov.ar/investigacion/descargas/ecologia/articulos/pastorino/1993_darrigran-pastorino.pdf>. Acessado em 10/06/2017.

DOMANESCHI, O.; MARTINS, C. M. ***Isognomon bicolor* (C. B. Adams) (Bivalvia, Isognomonidae): primeiro registro para o Brasil, redescritção da espécie e considerações sobre a ocorrência e distribuição de *Isognomon* na costa brasileira.** Revista Brasileira de Zoologia, 19 (2): 601-610. 2002. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v19n2/v19n2a17.pdf>>. Acessado em 05/06/2017.

DUFFY, M. A.; PERRY, L. J. C.; KEARNS, M.; WEIDER, L. J.; HAIRSTON, N.G. **"Paleogenetic evidence for a past invasion of Onondaga Lake, New York,**

by exotic *Daphnia curvirostris* using mtDNA from dormant eggs". Limnol. Oceanogr. 45:1409–1414. 2000.

ELTON C. S. **The ecology of invasions by animals and plants**. London: Methuen, 1958. Disponível em: <http://books.google.com.br/books?hl=pt-BR&lr=&id=4DBDiFeavyUC&oi=fnd&pg=PR7&dq=ELTON+C.+S.+The+ecology+of+invasions+by+animals+and+plants.+London:+Methuen,+1958.&ots=IUOPID2z2J&sig=6f_t79QmpaStwE2DIIN0eKRBHfk#v=onepage&q&f=false>. Acessado em 01/06/2017.

FACHINI, Aline. **Filtração do bivalve invasor *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), o mexilhão-dourado, sobre a comunidade plactônica natural e na presença de cianobactéria tóxica**. Dissertação (Mestrado em Ecologia). Programa de Pós-Graduação em Ecologia. Instituto de Biociências. Universidade Federal do Rio Grande do Sul, UFRGS. Porto Alegre, 2011. Disponível em: <<http://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/49263/000829712.pdf?sequence=1>>. Acessado em: 08/05/2017.

FISCHER, Marta Luciane; COLLEY, Eduardo. **Espécie invasora em reservas naturais: caracterização da população de *Achatina fulica* Bowdich, 1822 (Mollusca - Achatinidae) na Ilha Rasa, Guaraqueçaba, Paraná, Brasil**. Biota Neotrop., Campinas, v. 5, n. 1, 2005. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1676-06032005000100014&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 06/06/2017.

GARCÍA, M. L.; PROTOGINO, L. C. **Invasive freshwater molluscs are consumed by native fishes in South America**. J. Appl. Ichthyol., v. 21, p. 34-38, 2005. Resumo disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1439-0426.2004.00570.x/abstract;jsessionid=6FA7DFDB59549374BC91408A8882F5F6.d02t01?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>>. Acessado em 17/04/2017.

GROSHOLZ, E. D.; RUIZ, G. M. **Biological invasions drive size a increases in marine and estuarine invertebrates**. Ecology Letters, 6: 700-705. 2003. Disponível em: <http://www.serc.si.edu/labs/marine_invasions/publications/PDF/Grosholz_Ruiz_2003.pdf>. Acessado em 05/05/2017.

HAKENKAMP, C. C.; MARGARET, A. P. **Introduced bivalves in freshwater ecosystems: the impact of *Corbicula* on organic matter dynamics in a sandy stream**. Oecology, 119:445-451. 1999. Disponível em: <http://download.springer.com/static/pdf/986/art%253A10.1007%252Fs004420050806.pdf?auth66=1353152765_71a47b8374e2f85a52edc219ce76b556&ext=.pdf>. Acessado em 17/05/2017.

HENRIQUE, M. B.; CASARINI, L. M. **Avaliação do crescimento do mexilhão *Perna perna* e da espécie invasora *Isognomon bicolor* em banco natural da Ilha das Palmas, Baía de Santos, estado de São Paulo, Brasil**. B. Inst. Pesca, São Paulo, 35(4): 577 - 586, 2009. Disponível em: <http://www.sumarios.org/sites/default/files/pdfs/35_4_577-586.pdf>. Acessado em 10/04/2017.

HUXEL, G. R. **Rapid displacement of native species by invasive species: effects of hybridization**. Biological Conservation, 89 143-152.1999. Disponível em: <http://snr.unl.edu/invasives/file/pdf/invasive_species_general/Huxel_displacement_natives_by_invasives_hybridization.pdf>. Acessado em 02/06/2017.

IUCN (International Union for Conservation of Nature). **100 de Iãs Especies Exóticas Invasoras más dañinas del mundo**. 2012. Disponível em: <<http://www.iucn.org/>>. Acessado em 28/06/2017.

LEE, T.; SIRIPATRAWAN, S.; ITUARTE, C. F.; FOIGHIL, D. O. **Invasion of the clonal clams: *Corbicula* lineages in the New World**. American Malacological Bulletin, n. 20, p. 113-122, 2005. Disponível em: <http://limnoreferences.missouristate.edu/assets/limnoreferences/Lee_et_al_2005_Corbicula_genetics.pdf>. Acessado em: 10/06/2017.

LÖSCH, J. A.; BOSCOLO, W. R.; FEIDEN, A.; LORENZ, E. K.; BITTENCOURT, F. **Presença de mexilhão dourado no trato gastrointestinal de três espécies nativas de peixes cultivadas em tanques-rede no reservatório de Itaipu**. Anais do I Seminário Internacional de Ciência, Tecnologia e Ambiente, 28 a 30 de abril de 2009. UNIOESTE, Cascavel – Paraná – Brasil. Disponível em: <<http://gemaq.org.br/upload/2010081014423923.pdf>>. Acessado em 10/06/2017.

LUZ, K. D. G.; FUGI, R.; ABUJANRA, F.; AGOSTINHO, A. A. **Alterations in the *Pterodoras granulosus* (Valenciennes, 1833) (Osteichthyes, Doradidae) diet due to the abundance variation of a bivalve invader species in the Itaipu Reservoir, Brazil**. *Acta Scientiarum*, 24(2): 427-432. 2002. Disponível em: <<ftp://ftp.nupelia.uem.br/users/agostinhoaa/publications/114-AC-Luz-et-al.pdf>>. Acessado em 10/06/2017.

MÄDER NETTO, O. S. **Controle da incrustação de organismos invasores em materiais de sistemas de resfriamento de usinas hidrelétricas**. Dissertação (Mestrado). Programa de Pós -Graduação em Engenharia e Ciência dos Materiais - PIPE. Setor de Tecnologia, Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2011. Disponível em: <<http://dspace.c3sl.ufpr.br:8080/dspace/bitstream/handle/1884/26575/Contr%20ole%20da%20Incrustacao%20de%20Organismos%20Invasores%20em%20Materiai.pdf?sequence=1>>. Acessado em 17/04/2017.

MANSUR, M. C. D.; PEREIRA, D. **Bivalves límnicos da bacia do rio dos Sinos, Rio Grande do Sul, Brasil (Bivalvia, Unionoidea, Verenoida e Mytiloidea)**. Revista Brasileira de Zoologia 23 (4): 1123-1147, dez. 2006. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzool/v23n4/21.pdf>>. Acessado em: 17/04/2017.

MANSUR, M. C. D.; RICHINITTI, L. M. Z.; SANTOS, C. P. ***Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857), molusco bivalve invasor, na bacia do Guaíba, RS, Brasil**. Biotécnicas, Porto Alegre, 7 (2): 147-150. 1999.

MORTON, B. **The aquatic nuisance species problem: a global perspective and review**. In Zebra mussels and aquatic nuisance species. Edited by F. D'Itri. Ann Arbor Press, Chelsea, Mich. pp. 1-53. 1997.

NEVES, Carolina Somaio. **Bioinvasão mediada por embarcações de recreio na Baía de Paranaguá, PR e suas implicações para a Conservação**. 2006. Dissertação (Mestrado em Ecologia e Conservação). Curso de Pós-Graduação em Ciências Biológicas. UFPR, Universidade Federal do Paraná, Curitiba. Disponível em: <<http://www.redeprofaua.pr.gov.br/arquivos/File/carolina.pdf>>. Acessado em 17/04/2017.

NISC - National Invasive Species Council. **Meeting the Invasive Species Challenge: National Invasive Species Management Plan**. 90 pp. 2012. Disponível em: <<http://www.invasivespecies.gov/>>. Acessado em 17/04/2017.

OLIVEIRA, M. D.; TAKEDA, A. M.; BARROS, L. F.; BARBOSA, D. S.; RESENDE, E. K. **Invasion by *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857) (Bivalvia, Mytilidae) of the Pantanal wetland, Brazil**. Biological Invasions, vol. 8, no. 1, p. 97-
InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

104. 2006. Disponível em:
<http://download.springer.com/static/pdf/65/art%253A10.1007%252Fs10530-005-0331-0.pdf?auth66=1353009907_28c7abb8654a8e97b6abaa6ce033f006&ext=.pdf>. Acessado em 17/04/2017.

PAULA, C. M. *et al.* **Ocorrência de um molusco invasor (*Melanoides tuberculata*, Müller, 1774), em diferentes sistemas aquáticos da bacia hidrográfica do Rio Sorocaba, SP, Brasil.** *Rev. Ambient. Água* [online]. 2017, vol.12, n.5. Disponível em:
<http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1980-993X2017000500829&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 04/09/2017.
<http://dx.doi.org/10.4136/ambi-agua.1971>.

PEREIRA, C. S.; POSSAS, C. A.; VIANA, C. M.; RODRIGUES, D; P. ***Vibrio* spp. isolados a partir de mexilhões (*Perna perna*) in natura e pré-cozidos de Estação Experimental de Cultivo, Rio de Janeiro, RJ, Brasil.** *Ciênc. Tecnol. Aliment.*, Campinas, 27(2): 387-390, abr.-jun. 2007. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/cta/v27n2/29.pdf>>. Acessado em 17/04/2017.

PERRINGS, C. **Biological invasions in aquatic systems: the economic problem.** *Bulletin of Marine Science*, 70: 541-552. 2002. Disponível em:
<[http://www.public.asu.edu/~cperring/Perrings_%20Aquatic%20invasions%20\(2002\).pdf](http://www.public.asu.edu/~cperring/Perrings_%20Aquatic%20invasions%20(2002).pdf)>. Acessado em 11/04/2017.

PIMPÃO, D. M.; MARTINS, D. S. **Ocorrência do molusco asiático *Corbicula fluminea* (Müller, 1774) (Bivalvia, Corbiculidae) no baixo rio Negro, Amazônia central.** *Acta Amazonica*, vol. 38(3): 589 – 592. 2008. Disponível em:
<<http://www.scielo.br/pdf/aa/v38n3/v38n3a26.pdf>>. Acessado em 11/04/2017.

POINTIER, J. P. **The introduction of *Melanoides tuberculata* (Mollusca: Thiaridae) to the island of Saint Lucia (West Indies) and its role in the decline of *Biomphalaria glabrata*, the snail intermediate host of *Schistosoma mansoni*.** *Acta Tropica*. Vol. 54 (1). pp. 13–18. 1993. Resumo disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/0001706X9390064I>>. Acessado em 11/04/2017.

POINTIER, J.P.; JOURDANE, J. **Biological control of the snail hosts of schistosomiasis in areas of low transmission: the example of the Caribbean area.** *Acta Trop.*, 77: 53-60, 2000. Resumo disponível em:
<<http://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0001706X00001236>>. Acessado em 11/04/2017.

REUSCH, T. B. H. **Native predators contribute to invasion resistance to the nonindigenous bivalve *Musculita senhousia* in southern California, USA.** *Marine Ecology Progress Series*. 170: 159-168. 1998. Disponível em:
<<http://www.int-res.com/articles/meps/170/m170p159.pdf>>. Acessado em 05/04/2017.

RICCIARDI, A. **Global range expansion of the Asian mussel *Limnoperna fortunei* (Mytilidae): Another fouling threat to freshwater systems.** *Biofouling*, v. 13, p. 97-106, 1998. Disponível em: <<http://redpath-staff.mcgill.ca/ricciardi/Ricciardi1998.pdf>>. Acessado em 10/06/2017.

ROCHA, O.; ESPÍNDOLA, E. L. G.; RIETZLER, A. C.; FENERICH-VERANI, N.; VERANI, J. R. **Animal invaders in São Paulo state reservoirs.** *Oecologia Australis*. v.15(3): 631-642, set, 2011. Disponível em:
<<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/viewfile/oeco.2011.1503.14/540>>. Acessado em 04/03/2017.

ROSA, L. C.; SOUTO, L. S.; BRITO, M. F. G. **Ocorrência do molusco exótico invasor *Melanoides tuberculatus* na Lagoa Azul, APA Litoral Sul, Sergipe, Brasil.** III Encontro de Recursos Hídricos em Sergipe - 24 a 26 de março de 2010, Aracaju-SE. Disponível em:

<http://www.cpatc.embrapa.br/publicacoes_2010/anais3_enrehse/Resumos_expandidos/IIIENREHSE_Ocorr%C3%Aancia%20do%20molusco%20ex%C3%B3tico%20invasor%20Melanoides%20tuberculatus%20na%20Lagoa%20Azul,%200APA%20Litoral%20Sul,.pdf>. Acessado em 05/06/2017.

ROY, K.; JABLONSKI, D. & VALENTINE, J. W. **Body size and invasion in marine bivalves.** *Ecology Letters*, 5: 163-167. 2002. Resumo disponível em: <<http://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1046/j.1461-0248.2002.00316.x/abstract;jsessionid=8BB77D4E7DDE1A210A1E0D6501AB4F5A.d01t04?deniedAccessCustomisedMessage=&userIsAuthenticated=false>>. Acessado em 10/06/2017.

RÜCKERT, G. V.; CAMPOS, M. C. S.; ROLLA, M. E. **Alimentação de *Limnoperna fortunei* (Dunker, 1857): taxas de filtração com ênfase ao uso de Cyanobacteria.** *Acta Sci. Biol. Sci.*, v. 26, p. 421-429, 2004. Disponível em: <<http://eduemojs.uem.br/ojs/index.php/ActaSciBiolSci/article/view/1523>>. Acessado em 11/04/2017.

RUIZ, G.M.; CARLTON, J.T.; GROSHOLZ, E.D. & HINES, A.H. **Global invasions of marine and estuarine habitats by non-indigenous species: mechanisms, extent, and consequences.** *American Zoologist*, 37: 621-632. 1997. Disponível em: <<http://icb.oxfordjournals.org/content/37/6/621.full.pdf>>. Acessado em 11/04/2017.

SANTOS, Sonia Barbosa dos; MIYAHIRA, Igor Christo; LACERDA, Luiz Eduardo Macedo de. **First record of *Melanoides tuberculatus* (Müller, 1774) and *Biomphalaria tenagophila* (d'Orbigny, 1835) on Ilha Grande, Rio de Janeiro, Brazil.** *Biota Neotrop.* vol.7, n.3, pp. 361-364. 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/bn/v7n3/36.pdf>>. Acessado em 11/04/2017.

SILVA, E. C.; BARROS, F. **Macrofauna bentônica introduzida no Brasil: lista de espécies marinhas e dulcícolas e distribuição atual.** *Oecologia Australis* 15(2): 326-344, Junho 2011. Disponível em: <<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/viewFile/oeco.2011.1502.10/522>>. Acessado em 11/04/2017.

SILVA, L. G.; STUFF, T. **Distribuição e abundância dos bivalves *Corbicula fluminea* (Mueller, 1774) e *Neocorbicula limosa* (Maton, 1811) no lago Guaíba, Rio Grande do Sul, Brasil.** *Comunicações técnicas. FEPAM em Revista.* Porto Alegre, v.5, n.1, 2011. Disponível em: <<http://www.cabi.org/ISC/FullTextPDF/2011/20113341301.pdf>>. Acessado em 11/04/2017.

SILVEIRA, N.G; SOUZA, R.C.C.L.; FERNANDES, F.C. & SILVA, E.P. **Occurrence of *Perna perna*, *Modiolus carvalhoi* (Mollusca, Bivalvia, Mytilidae) and *Megabalanus coccopoma* (Crustacea, Cirripedia) of Areia Branca, RN, Brazil.** *Biociências*, 14(1): 89-90. 2006. Disponível em: <<http://revistaseletronicas.pucrs.br/ojs/index.php/fabio/article/viewFile/204/186>>. Acessado em: 15/05/2017.

SOUZA, R.C.C.L.; FERNANDES, F.C.; SILVA, E.P. **A study on the occurrence of the brown mussel *Perna perna* on the sambaquis of the Brazilian coast.** *Revista do Museu de Arqueologia e Entologia*, 13: 3-24. 2003. Resumo disponível

em: <<http://cat.inist.fr/?aModele=afficheN&cpsidt=16986903>>. Acessado em 01/03/2017.

SOUZA, R. C. C. L.; CALAZANS, S. H.; SILVA, E. P. **Impacto das espécies invasoras no ambiente aquático**. Cienc. Cult., São Paulo, v. 61, n. 1, 2009. Disponível em: <http://cienciaecultura.bvs.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0009-67252009000100014&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 01/03/2017.

SOUZA, R. C. C. L.; LIMA, T. A.; SILVA, E. P. **Holocene molluscs from Rio de Janeiro state coast, Brazil**. Check List. vol. 6 (2). pp. 301-311. 2010. Disponível em: <<http://200.144.120.19/pdf/SL024-09.pdf>>. Acessado em 17/11/2012.

STACHOWICZ, J. J.; WHITLATCH, R. B.; OSMAN, R. W. **Species diversity and invasion resistance in a marine ecosystem**. Science, 286: 1577-1579. 1999. Disponível em: <<http://noss.cos.ucf.edu/papers/Stachowicz%20et%20al%201999.pdf>>. Acessado em 01/03/2017.

SURIANI, A. L.; FRANÇA, R. S.; ROCHA, O. **A malacofauna bentônica das represas do médio rio Tietê (São Paulo, Brasil) e uma avaliação ecológica das espécies exóticas invasoras, *Melanoides tuberculata* (Müller) e *Corbicula fluminea* (Müller)**. Revista Brasileira de Zoologia 24 (1): 21-32. Mar, 2007. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbzoool/v24n1/03.pdf>>. Acessado em: 01/03/2017.

TEIXEIRA, R. M.; BARBOSA, J. S. P.; LÓPEZ, M. S.; FERREIRA-SILVA, M. A. G.; COUTINHO, R.; VILLAÇA, R. C. **Bioinvasão marinha: os bivalves exóticos de substrato consolidado e suas interações com a comunidade receptora**. Oecologia Australis. 14(2): 381- 402, Junho 2010. Disponível em: <<http://www.oecologiaaustralis.org/ojs/index.php/oa/article/viewFile/oeco.2010.1402.04/416Oecologia>>. Acessado em 01/03/2017.

USC - Union Concerned Scientists. **The science of invasive species**. 2017. Disponível em: <http://www.ucsusa.org/global_environment/invasive_species/index.cfm>. Acessado em 01/03/2017.

Smart Characterization para mapeamento da distribuição de contaminantes em área fonte impactada por solventes clorados

Smart Characterization¹ for Mapping Contaminant distribution in contaminated source area by chlorinated solvent

Júlio Vilar^{2,3}, Lucas Jardim^{2,3}, Marcos Tanaka Riyis^{2,4}, Rodrigo César de Araújo Cunha^{2,5}

² Centro Universitário SENC, ³ ARCADIS ⁴ ECD Sondagens Ambientais Ltda ⁵ Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB

julio.vilar@arcadis.com; lucas.jardim@arcadis.com; marcos@ecdambiental.com.br;
rodrigo.cacunha@sp.senac.br

Resumo. As técnicas de investigação tradicionais, especificadamente as de amostragem de solo, ainda são usadas em larga escala no gerenciamento de áreas contaminadas, e apesar de aparentemente funcionarem em muitos casos, podem mascarar a real situação da contaminação. Com a publicação da Decisão de Diretoria 038/2017 da CETESB, uma melhor caracterização e quantificação dos impactos no solo serão cada vez mais cobrados, o que traz a necessidade do uso de técnicas mais avançadas (*Smart Characterization*) para um correto mapeamento da fase residual/adsorvida. Esse estudo, realizado em uma área fonte de solventes clorados de uma indústria metalúrgica, a qual vem sendo alvo de estudos ambientais desde 2002, mostrou a eficiência da ferramenta *Whole Core Soil Sampling* como técnica de alta resolução para mapeamento dos impactos no solo. Essa técnica permitiu a identificação de uma importante massa de PCE em zonas de baixa permeabilidade, a qual não foi possível ser identificada no Modelo Conceitual anterior, construído a partir de abordagens tradicionais, focado apenas na fase dissolvida.

Palavras-chave: Caracterização Ambiental; *Smart Characterization*, *Whole Core Soil Sampling*, Amostragem de Solo, Área Fonte.

Abstract. *Traditional characterization techniques, specifically those for soil sampling, are still widely used in the management of contaminated sites, and although they appear to work in many cases, they may mask the actual contamination situation. Through the publication of CETESB Board Decision 038/2017, a better characterization and quantification of soil impacts will be increasingly required, which brings the need of the use of more advanced investigation techniques (Smart Characterization), for a detailed residual/adsorbed phase mapping. This study, took in place in a chlorinated solvent source zone of a metallurgical industry, which has been the target of environmental studies since 2002, showed the efficiency of the Whole Core Soil Sampling tool as a high-resolution technique for mapping impacts on the soil. This technique allowed the identification of an important mass of PCE in low permeability zones, which could not be identified in the previous Conceptual Model, built from traditional approaches, focused only on the dissolved phase.*

¹ Termo utilizado pela primeira vez por Suthersan et al, 2015

Key Words: *Environmental Characterization, Smart Characterization, Whole Core Soil Sampling, Soil Sampling, Source Zone.*

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

A caracterização ambiental é uma fase crucial para o Gerenciamento de uma Área Contaminada - GAC (USEPA, 2014, Riyis, 2012; Riyis, 2017), pois é a partir dessa etapa que serão norteadas todas medidas de Avaliação de Risco à Saúde Humana e as medidas de Remediação, onde, na maioria das vezes, será despendida a maior parte do investimento por parte do Responsável Legal.

No Brasil, nos últimos anos, as etapas de investigação (investigação detalhada ou investigação para remediação) ganharam bastante destaque, pois muitas áreas contaminadas que já estavam em processo de remediação precisaram ser investigadas novamente, por falhas e lacunas presentes nos Modelos Conceituais (CSM) e que deveriam ter sido preenchidas nas etapas de caracterização.

Essas falhas ocorrem principalmente porque, embora haja um avanço do uso de técnicas de alta resolução nas investigações ambientais (USEPA, 2014), ainda é muito comum observar que essas investigações seguem padrões tradicionais, principalmente com uso de sondagens manuais ou *Direct Push - Single Tube* para coleta de amostras de solo (Riyis et al., 2013b; Riyis, 2015) e com a instalação de poços de monitoramento com objetivo de caracterizar a área contaminada (Welty et al., 2016). A abordagem tradicional de investigação, a qual é representada por uma baixa densidade de dados, um elevado gasto de tempo, uma baixa acurácia nos dados coletados e com diversas limitações (Riyis, 2012; Suthersan et al., 2015; Welty & Quinnan, 2017) não é suficiente para a construção de um Modelo Conceitual completo, ainda mais quando se trata de área com contaminação por solventes organoclorados com uma complexa heterogeneidade hidroestratigráfica (caso estudado nesse trabalho).

Problemática da abordagem Tradicional de Investigação

Os Modelos Conceituais construídos a partir de investigações tradicionais apresentam um baixo nível de detalhe do meio físico e da distribuição dos contaminantes e são baseados principalmente em concentrações obtidas a partir de poços de monitoramento e sondagens convencionais realizadas na maioria das vezes até a franja capilar, com o mínimo de amostras para uma caracterização adequada da área (Riyis et al., 2015; Sale et al., 2013).

No entanto, os poços de monitoramento por si só, não são apropriados para investigação de uma área contaminada (Curry et al., 2016), uma vez que devem ser instalados apenas quando já se tem um Modelo Conceitual conhecido e devem ser usados apenas para monitorar os impactos (fase dissolvida) na água subterrânea. Os dados provenientes de poços de monitoramento convencionais estão focados em precisão, deixando de lado a acurácia (Welty & Quinnan, 2017). Além disso, quando instalados com longa seção filtrante (interceptando diferentes unidades hidroestratigráficas), os dados gerados não são confiáveis, porque a concentração da fase dissolvida é muitas vezes mascarada pelo fator de diluição, que reflete a influência das camadas mais permeáveis dentro do intervalo selecionado (Suthersan et al., 2016).

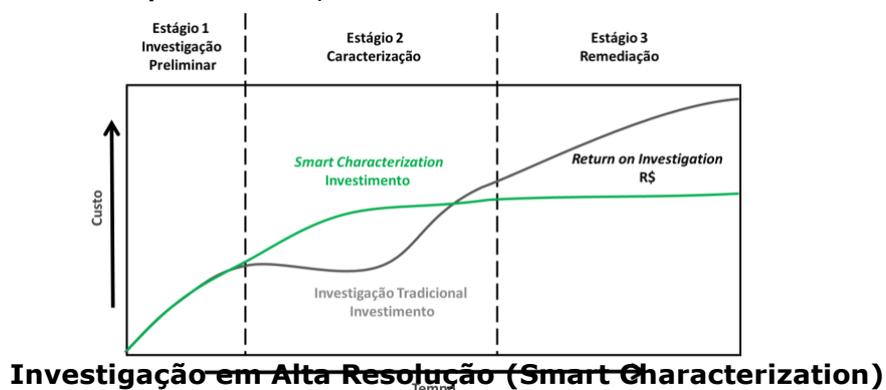
Um outro erro comum nas investigações tradicionais reside no fato de que é raro encontrar projetos de caracterização dentro das consultorias ambientais onde houve coleta de amostras de solo na zona saturada, principalmente quando o alvo são os compostos orgânicos voláteis (VOC).

Um dos fatores para que isso ocorra é porque, embora existam técnicas apropriadas para tal procedimento, as consultorias acabam optando pelos métodos tradicionais, pois custam mais barato ou porque ficam presos nos dogmas estabelecidos no GAC do Brasil (Riyis, 2015). Conseqüentemente uma área contaminada, onde exista contaminação por compostos orgânicos e que não teve coleta de amostras de solo na zona saturada provavelmente terá um modelo conceitual incerto e uma remediação ineficiente (Riyis et al., 2015), já que não haverá uma correta quantificação da massa adsorvida e/ou residual, que representa a maior parte da massa total de contaminantes orgânicos de uma área contaminada. Medidas de intervenção que priorizem a remoção de massa, são estabelecidas desde a regulamentação da Lei estadual Paulista 13.577, pelo Decreto 59.263, entretanto, em 2017 com a publicação da nova Decisão de Diretoria da CETESB (Companhia Ambiental do Estado de São Paulo) 038/2017, esse item foi reforçado, pois a quantificação de massa das substâncias químicas de interesse (SQI) nas diferentes fases em que se encontram, passa a ser uma exigência nos projetos de investigação detalhada.

Esse erro ainda pode se tornar maior quando a amostragem é feita no padrão tradicional (CETESB, 1999), onde a amostra de solo é coletada na zona não saturada (no máximo até a profundidade da franja capilar). A amostra é retirada do liner, que geralmente é aberto de ponta a ponta. Posteriormente tal amostra é separada e colocada em 2 sacos herméticos tipo *ziplock bag*. Em um dos sacos mede-se a concentração de VOC com equipamento fotoionizador portátil (PID) e no outro é acondicionada para posteriormente ser coletada, utilizando um frasco de boca larga 200 g, com tampa revestida de teflon. Nesse tipo de amostragem há muita perda de compostos orgânicos voláteis e por esse motivo não é uma abordagem recomendada quando o alvo são esses compostos.

Nesse sentido, focar as investigações em apenas delimitar a fase dissolvida (massa que se move) e negligenciar a fase adsorvida e/ou residual (massa que não se move) poderá acarretar em altos investimentos na remediação, a qual muitas vezes será ineficiente, pois essas zonas atuam como fontes secundárias ativas e/ou de liberação de contaminantes por difusão reversa - *back diffusion* (Bal et al., 1997 e Wilson et al., 1997). No entanto, esse investimento pode ser reduzido, pois uma boa investigação, utilizando métodos, pessoas e ferramentas adequadas, reduz os gastos excessivos na etapa de remediação (Gráfico 1), ROI - *Return on Investigation* (ITRC, 2015; Suthersan et al., 2015 e Welty et al., 2016), porque o Modelo Conceitual gerado será mais assertivo e com menos incertezas (Riyis et al., 2013a). Ainda, de acordo com o estudo de Welty & Quinnan (2017) é possível observar que o custo na remediação pode ser reduzido em até 5 vezes, caso a investigação seja feita em uma resolução adequada.

Gráfico 1: Comparação dos custos totais de um projeto utilizando *Smart Characterization* e a investigação tradicional, indicando uma economia (*Return on Investigation*) no estágio 3 de Remediação. Fonte: Adaptado de ITRC, 2015



O Smart Characterization, (Suthersan et al., 2015; Suthersan et al., 2016), é um novo conceito para realização de investigações utilizando as ferramentas de alta resolução mais avançadas. Essa metodologia combina de forma dinâmica e em tempo real, um mapeamento quantitativo em alta resolução dos contaminantes com interpretações hidroestratigráficas e mapeamento da permeabilidade em subsuperfície em 3 dimensões (classificando a área em zonas de transporte, baixa advecção e armazenamento). Todos esses dados integrados em três dimensões possibilitam a criação de um modelo conceitual baseado no comportamento do fluxo, focado principalmente na massa que realmente importa, maximizando a remediação eficiente e minimizando os custos e o ciclo de vida do gerenciamento da área contaminada (Welty et al., 2016; Suthersan et al., 2016). Essa nova forma de investigação muda o paradigma em que modelos conceituais eram criados baseados em um conjunto de dados coletados em uma rede de poços de monitoramento e sondagem com baixa densidade de amostragem.

De acordo com Curry et al. (2016), um dos principais fatores que fazem a *Smart Characterization* diferente é a realização de uma amostragem de solo quantitativa nas zonas de baixa permeabilidade, o que permite um melhor entendimento da maturidade da pluma. Desta forma, as etapas de caracterização e remediação de áreas contaminadas passam a apoiar-se em conceitos de armazenamento de massa por difusão na matriz, assim como a liberação contínua e prolongada dessa massa para zonas de fluxo (Parker et al., 2004). Portanto a ferramenta do *Smart Characterization* utilizada para realizar a amostragem de solo na zona saturada é conhecida como *Whole Core Soil Sampling* (Ellis, 2014; Suthersan et al., 2015) a qual foi usada para um maior refinamento do Modelo Conceitual da área estudada.

Objetivo

O presente estudo ocorreu em uma área contaminada crítica da CETESB, localizada no bairro da Vila Carioca - SP. O *site*, vem sendo alvo de estudos ambientais durante 14 anos (incluindo remediação), no entanto, as investigações não identificaram concentrações de substâncias químicas de interesse (solventes clorados) no solo na zona não-saturada e saturada (adsorvido ou residual). Isso provavelmente ocorreu porque as etapas de diagnóstico ambiental foram feitas com uma abordagem tradicional gerando Modelo Conceitual pouco refinado. Dessa forma, o objetivo principal dessa investigação de alta resolução – *Smart Characterization* - foi realizar o mapeamento horizontal e vertical da área fonte por meio de sondagens *Direct Push*, seleção e coleta de amostras de solo em alta densidade e nível de detalhe (*Whole Core Soil Sampling*), que tem o intuito de verificar a distribuição do contaminante no solo. Além disso, buscou-se a identificação das zonas de armazenamento e de fluxo de massa e a quantificação das substâncias químicas de interesse nestas camadas, dando base para a construção de um Modelo Conceitual mais refinado e sólido, que poderá subsidiar um projeto de remediação mais assertivo no futuro.

2. Histórico da Área de Estudo

Localização e descrição do Imóvel

A unidade industrial da Zanettini Barossi² (ZB), objeto de estudo deste trabalho, localiza-se na Avenida Carioca, no 446, Bairro do Ipiranga, Município de São Paulo, Estado de São Paulo. A Figura 1 mostra o mapa de localização da área. Segundo o Plano Diretor do Bairro do Ipiranga a área da Zanettini está inserida em Zona predominantemente industrial (ZUI), ou seja, porções do território destinadas à implantação de usos diversificados onde a preferência é dada aos usos industriais incômodos e às atividades não residenciais incômodas, com coeficiente de aproveitamento mínimo igual a 0,10, básico igual a 1,0 e máximo igual a 1,5 (Lei Municipal 13.885/2004).

A vizinhança imediata do local é ocupada por residências e principalmente por empresas de pequeno e médio porte. No entorno há também duas bases de armazenamento e distribuição de combustíveis. Além disso, de acordo com o relatório de Áreas Contaminadas da CETESB, existem pelo menos 15 áreas contaminadas relacionadas em um raio de 1,5 quilômetros de distância a partir da unidade da Zanettini.

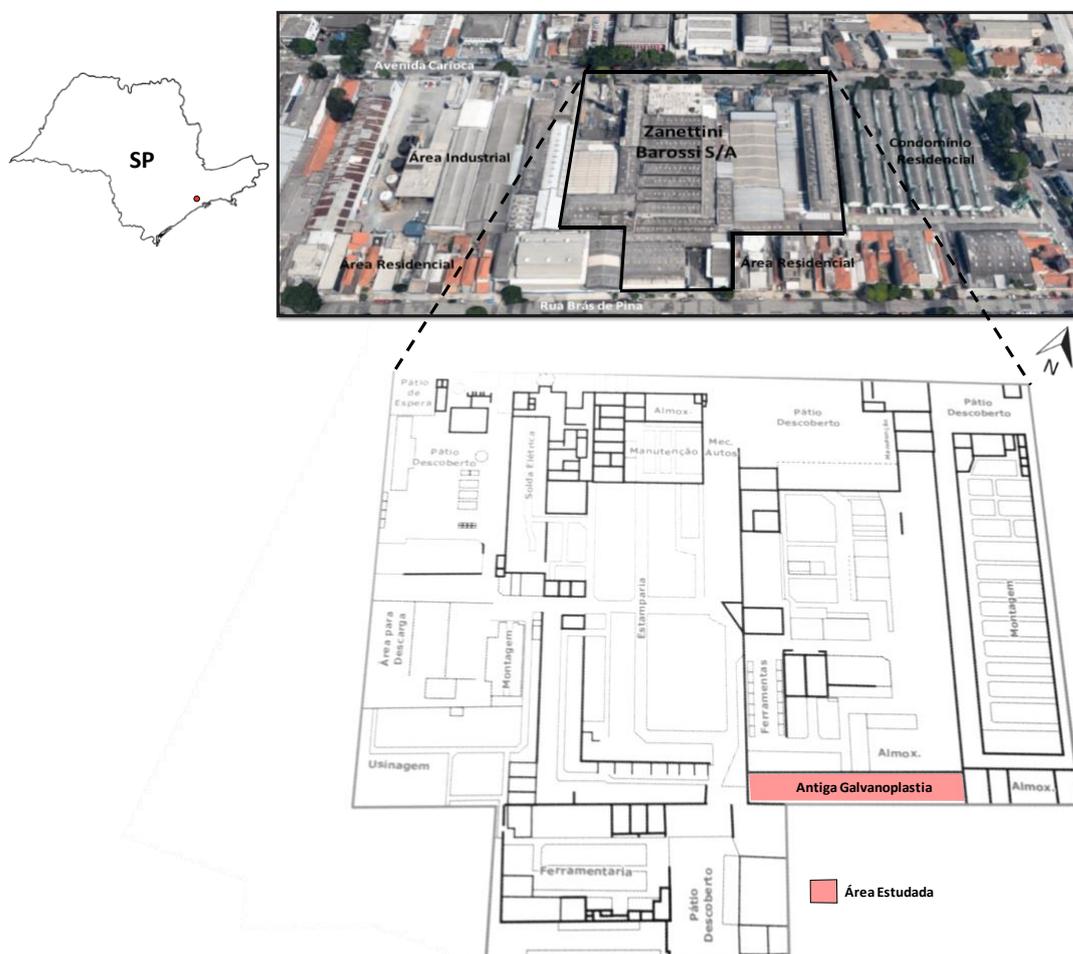


Figura 1: Localização da Indústria Zanettini Barossi S/A, evidenciando (vermelho) a área de estudo Antiga Galvanoplastia. Fonte: Google Maps 2017 3D e Relatório 2009 Consultoria A

A área industrial da Zanettini é composta de forma geral por 4 edificações que foram agregadas, por meio de compra ou aluguel, à área industrial inicial de 1969, entretanto, dentro da área fabril não existe uma clara divisão entre as edificações.

² Foi autorizado pelos gestores da Zanettini Barossi a publicação do nome da Indústria, uma vez que isso está de acordo com uma política da empresa de disponibilização e apropriação social e acadêmica do conhecimento produzido durante todo o processo de gestão do problema desde o início.

Toda a área é pavimentada com concreto. A área externa da propriedade é pavimentada por blocos hexagonais de concreto (bloquete). Além disso a unidade é atendida pelo sistema público de coleta de resíduos, serviço público de distribuição de água e coleta de esgoto operado pela SABESP e energia elétrica pela concessionária pública AES Eletropaulo.

Processo Produtivo

A Zanettini é uma indústria Metalúrgica, tendo como principais atividades desenvolvidas a usinagem, estamparia e montagem de peças para o setor automobilístico. As peças podem ser simples e conjuntos montados e/ou soldados. A indústria ocupa uma área aproximada de 20.000 m² e está em atividade desde 1969. Embora o *layout* da fábrica tenha mudado diversas vezes ao longo dos anos, o ramo de atividade continua sendo o mesmo desde o começo.

Na linha de usinagem há o uso de tornos, dobradeiras, soldas, fresas e furadeiras. No setor de estamparia os principais equipamentos utilizados são as prensas hidráulicas que utilizam um molde para realizar a conformação das peças. O último setor produtivo é o de montagem onde as peças são montadas de acordo com a especificação dos clientes. Com o término da montagem as peças são embaladas e estocadas no setor de expedição de onde são encaminhadas para os clientes. Algumas linhas de montagens são exclusivas para determinados clientes.

A unidade ainda abriga as atividades administrativas da Zanettini, refeitório e outras operações auxiliares para o processo produtivo, como manutenção mecânica, manutenção elétrica, ferramentaria, armazenamento de moldes, laboratório metalográfico, diversos almoxarifados e expedição.

Os principais resíduos gerados pelas atividades da Zanettini são: óleo lubrificante usado, materiais diversos impregnados com óleo e sucatas de materiais ferrosos (restos de chapas e bobinas estampadas).

Até 2007, além das atividades descritas, ainda havia uma linha de acabamento na unidade que abrangia uma galvanoplastia, zincagem e pintura de peças. Todas essas operações foram gradativamente removidas da Zanettini até 2007, para redução de custos e melhoria da logística de operação. Como essa foi a área estudada, na próxima seção segue uma breve descrição do processo produtivo da antiga Galvanoplastia.

Unidade de Galvanoplastia

De acordo com informações obtidas nos relatórios de consultorias³ (A, B e C) disponibilizados pela Zanettini, o setor de galvanoplastia foi inicialmente instalado na porção sul da unidade industrial, quando essa ainda era constituída apenas de seu prédio central, em 1969. Ela permaneceu instalada neste local até 1976, quando o terreno ao lado leste foi alugado. Nessa fase inicial da galvanoplastia ainda não havia o uso do composto percloroetileno (PCE ou tetracloroetano).

Em 1976 a galvanoplastia foi transferida para a porção sul do prédio alugado (local da área de estudo). A partir desta data iniciou-se o uso do PCE (Dowper LM), como desengraxante de peças. O tanque deste produto ficava instalado na porção sudoeste do prédio alugado, fazendo divisa com o prédio central. Permaneceu neste local até

³ Os autores optaram por não citar os nomes das consultorias que efetuaram trabalhos no site, por esse motivo, utilizou-se nomes fictícios (A, B e C)

meados da década de 1994, quando a área foi transferida e o tanque de PCE foi instalado no limite sudeste do prédio alugado, onde ficou até 1998. Em 1998 houve uma reforma na área da galvanoplastia para melhoria dos processos e o tanque de PCE foi instalado provisoriamente na porção central deste mesmo prédio. Com o término da reforma conduzida em 1998 e a modernização da galvanoplastia, o uso do PCE foi abolido na Zanettini.

O equipamento que utilizava PCE para o desengraxe das peças era instalado a cerca de 1,20 m abaixo do nível normal do solo em uma bacia de concreto. Essa estrutura foi utilizada nos dois locais onde o equipamento foi instalado. Dados coletados do MCE (Memorial de Caracterização do Empreendimento) indicam que o foram usados 20.000 L/ano do Dowper LM.

Antes da reforma ocorrida em 1998, todo o piso ao redor da galvanoplastia era pavimentado com concreto e as principais operações da galvanoplastia eram: lavagem das peças com água e um sabão específico para a atividade, lavagem das peças também com ácido muriático e desengraxe. Após o desengraxe, as peças eram encaminhadas para a pintura. Peças que não eram encaminhadas para a pintura passavam por um processo de fosfatização e eram encaminhadas diretamente para o cliente. Com o fim do uso do PCE, após a modernização da galvanoplastia, as peças começaram a passar por uma fosfatização "fina" antes de serem encaminhadas para a pintura ou fosfatização "grossa" para serem encaminhadas diretamente aos clientes.

Com a modernização da galvanoplastia também foi incorporada uma secadora para a secagem das peças antes da pintura, o que não era necessário anteriormente com o uso do PCE. Houve também a substituição do ácido clorídrico por ácido cítrico a partir de 2003, aproximadamente. Além disso, todo o piso do setor foi substituído por ardósia em detrimento ao concreto utilizado anteriormente.

Com exceção dos tanques de ácido clorídrico e sistema de tratamento de vapores, todas as instalações relacionadas com a galvanoplastia foram removidas da Zanettini por volta de 2006 e 2007 com a desativação da linha de galvanoplastia. A desativação ocorreu por motivos econômicos, e todo o tratamento das peças começou a ser feito por empresas terceirizadas, o que tornava o custo operacional e de logística mais barato. Hoje o local, que era ocupado pela galvanoplastia, abriga um almoxarifado para peças.

3. Modelo Conceitual Anterior

Geologia e Hidrogeologia Regional

Em um contexto regional a área de estudo está inserida na Bacia Sedimentar de São Paulo, localizada no Planalto Paulistano, feição geomorfológica que possui altitudes que variam de 715 a 900 metros, e está encaixada entre a Serra do Mar, a sul, e a Serra da Cantareira, a norte, que representam os terrenos cristalinos que contornam as áreas sedimentares e configuram, praticamente, toda a borda da Região Metropolitana de São Paulo. O Planalto Paulistano apresenta relevo suavizado, de morros e espigões relativamente baixos, com a drenagem fluindo para os Rios Tietê, Pinheiros e Tamanduateí e seus tributários (CEPAS, 1994). A Bacia de São Paulo é hoje entendida como uma das unidades integrantes do *Rift* Continental do Sudeste do Brasil (RCSB), que compreende a Bacia de São Paulo, Taubaté, Resende e Volta Redonda (Riccomini, 1992).

A área de estudo encontra-se sobre terrenos sedimentares da Idade Cenozoica, compreendendo os depósitos Terciários da Bacia de São Paulo (Tqa) e as coberturas quaternárias mais recentes (Qa) (CPRM, 2006).

Esses sedimentos terciários correspondem a depósitos de sistema fluvial meandrante com litofácies caracterizadas por arenitos grossos, conglomeráticos, localmente conglomerados, com granodecrescência ascendente para siltitos e argilitos, e pacotes apresentando espessura decimétrica a métrica (Riccomini & Coimbra, 1992). As coberturas quaternárias correspondem a aluviões em geral, compostos por areias inconsolidadas de granulação variável, argilas e cascalheira fluviais, que estão relacionadas ao Rio Tamanduateí.

Em relação à hidrogeologia regional a área está inserida regionalmente na Província Hidrogeológica do Escudo Oriental Sudeste, com influência de dois sistemas aquíferos distintos, um sedimentar (Aquífero São Paulo) e outro cristalino.

O primeiro, sedimentar poroso, compreende a aquíferos contínuos, geralmente de extensão regional limitada, de características livre ou de aquífero confinado, constituídos por sedimentos clásticos não consolidados, permeabilidade geralmente média a baixa, qualidade geralmente boa e importância hidrogeológica média a baixa. O segundo, fraturado, compreende aquíferos locais restritos a zonas fraturadas (DAEE, 1975).

Caracterização dos impactos e intervenções realizadas

A área de estudo vem sendo objeto de avaliações ambientais desde 2002, onde 3 diferentes consultorias (A, B e C) realizaram mais de 20 mobilizações para o campo para coleta de dados, totalizando um total 32 trabalhos efetuados e protocolados na CETESB.

De acordo com essas avaliações (informações adquiridas em consulta aos relatórios das consultorias), existe contaminação na água subterrânea tendo como principais substâncias químicas de interesse os solventes organoclorados, relacionados ao PCE e os produtos de degradação. Essa contaminação foi gerada pelo uso constante do Dowper LM durante de 22 anos na área industrial da Zanettini, sendo a principal área fonte a antiga área da Galvanoplastia, tendo como fonte primária o tanque de armazenamento de PCE localizado abaixo do piso.

A área apresenta uma rede de mais 100 poços de monitoramento, no entanto apenas 71 estão ativos de acordo com o último relatório protocolado pela Consultoria A (Janeiro de 2015).

O fluxo da água subterrânea apresenta-se predominante para N-NE e o nível d'água é raso, não ultrapassando 2 metros de profundidade, apresentando uma tendência de fluxo vertical descendente, o que pode explicar os impactos pontuais localizados no saprólito, em profundidades maiores que 10 metros (não foi objeto desse estudo).

Em geral as plumas dos compostos organoclorados apresentam distribuição espacial que contempla a área interna da fábrica, uma pequena extensão da Avenida Carioca e parte do condomínio residencial a leste da área e, segundo o último relatório da consultoria, as plumas em fase dissolvida estão delimitadas na extensão horizontal. A Figura 2 apresenta uma comparação das plumas horizontais de PCE entre os anos de 2012 e 2015, indicando apenas os impactos⁴ na área da antiga galvanoplastia (atual almoxarifado para peças) e no almoxarifado a norte.

Até 2015 as substâncias de interesse permaneciam em níveis superiores às Concentrações Máximas Aceitáveis (CMA), calculadas pela Avaliação de Risco à Saúde Humana realizada em 2011 pela Consultoria A, tanto na área interna da Zanettini (para os trabalhadores da indústria e terceiros) quanto na área Residencial a leste, com especial atenção ao cloreto de vinila. Entretanto, como a maior parte das anomalias distribui-se pelas camadas arenosas (que encontram anteparo superior

⁴ Optou-se por não apresentar a distribuição das plumas de organoclorados em toda a abrangência da Zanettini Barossi

argiloso) a última amostragem de vapores abaixo do contrapiso (Consultoria A) demonstrou ausência de riscos à saúde humana pela via de inalação de vapores, seja na área da Zanettini, nas residências da rua Brás de Pina e na área residencial a leste, onde localizam-se os principais receptores de interesse industriais e residenciais, potencialmente expostos à via de inalação de vapores em ambientes fechados.



Figura 2: Comparação das Plumias de fase dissolvida de PCE na área fonte entre os anos de 2012 e 2015 nos níveis Argiloso e Arenoso. Fonte: Relatório 2015 Consultoria A

Em função das elevadas concentrações na água subterrânea e da presença de residentes tanto no Condomínio a leste da área quanto em casas da Rua Brás de Pina), a Consultoria A instalou um sistema emergencial de extração de vapores do solo (SVE)⁵ em 2009, o qual foi ampliado em maio/2011, visando reduzir as

⁵ O sistema encontra-se em operação até os dias de hoje.

concentrações de vapores orgânicos provenientes da pluma de compostos organoclorados presentes nas águas subterrâneas da indústria e evitar a migração desses vapores para áreas externas residenciais. Esta necessidade mostrou-se fundamental com a constatação de potencial risco a trabalhadores industriais e residentes decorrente da inalação de vapores em ambientes fechados, e sua atuação mostrou-se efetiva por meio dos resultados de avaliação de vapores do solo (*subslab*), os quais também indicaram a necessidade de operação ininterrupta do sistema para atendimento dos seus propósitos.

Apesar da presença de um sistema para mitigar a via de potencial risco de inalação, as altas concentrações constatadas em fase dissolvida, sugestivas da ocorrência de DNAPL neste meio, fizeram com que fossem tomadas ações adicionais que visassem promover a redução da massa de contaminantes. Dessa forma, em 2012, foi realizada a injeção *full-scale*⁶ do produto EHC® na área fonte da Zanettini e na área residencial a leste. As etapas de campo ocorreram entre os dias 07/02 a 14/06/2012 e foram constituídas da injeção de EHC em 184 furos de sondagem por *Direct-push*, distribuídos em 5 barreiras reativas. As injeções na área do Condomínio abrangeram profundidades entre 2,5 e 4,5 m, resultando num total de 10.544 kg de produto utilizado, enquanto na área fonte foram utilizados 33.060 kg de produto, injetados de maneira maciça em profundidades até 7,0 m. A Figura 3 mostra as ações de intervenção já realizadas, com foco para aquelas que foram feitas exclusivamente na área fonte.

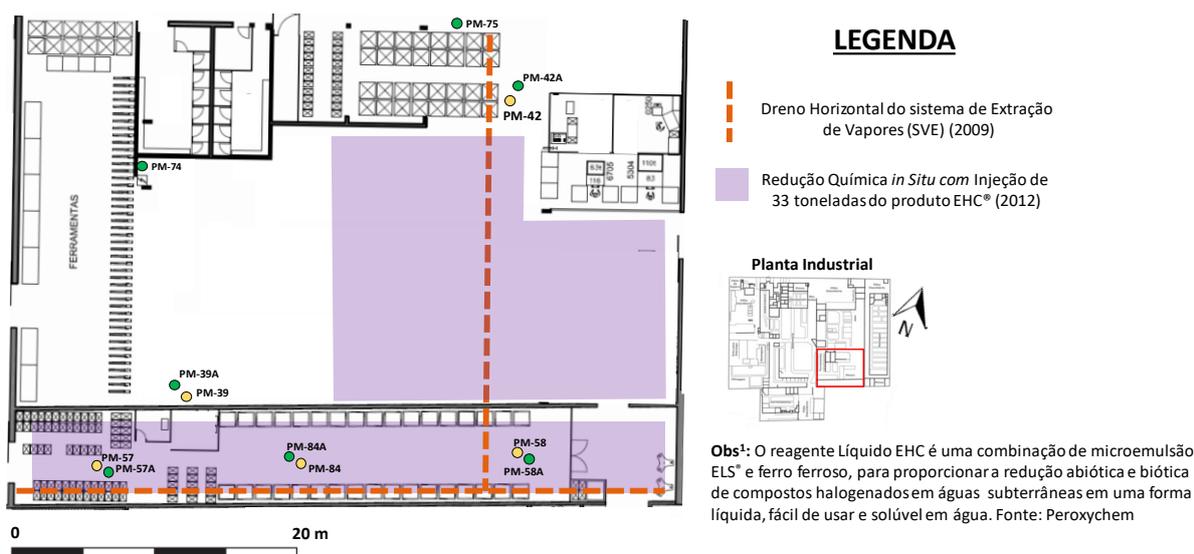


Figura 3: Ações de remediação já realizadas na área fonte. Fonte: Relatório 2013 Consultoria A

A geologia local apresenta-se de forma heterogênea com depósitos mostrando uma intercalação entre camadas argilosas e arenosas, pelo menos até as profundidades em torno de 6 metros, onde começa a aparecer o solo de alteração de rocha. A camada arenosa localizada em 4 metros é a principal litologia em termos de capacidade de condução e pela qual há circulação preferencial dos contaminantes.

Embora a consultoria A relate em seus relatórios a importância das camadas sobrepostas mais argilosas como potenciais fontes secundárias, não foi realizada uma amostragem de solo adequada nessa região, o que deixa o modelo conceitual com uma lacuna, pois apesar de tantos esforços de investigação e remediação ainda não

⁶ O teste piloto foi realizado em 2010 e mostrou-se satisfatório na redução das concentrações

foi possível identificar a principal massa de contaminantes orgânicos presentes na área da Zanettini. Na Figura 4 pode ser visualizado Modelo Conceitual⁷ anterior da área, baseado no corte A-A'.

Atualmente as áreas da Zanettini e arredores encontram-se em fase de acompanhamento da evolução das concentrações no pós-intervenção, para verificação da redefinição das demais etapas. Os últimos resultados indicam uma redução considerável dos solventes halogenados em massa na fase dissolvida, especialmente na área fonte, com exceção do composto Cis-1,2- Dicloroetano (DCE), que registrou um aumento substancial de concentrações.

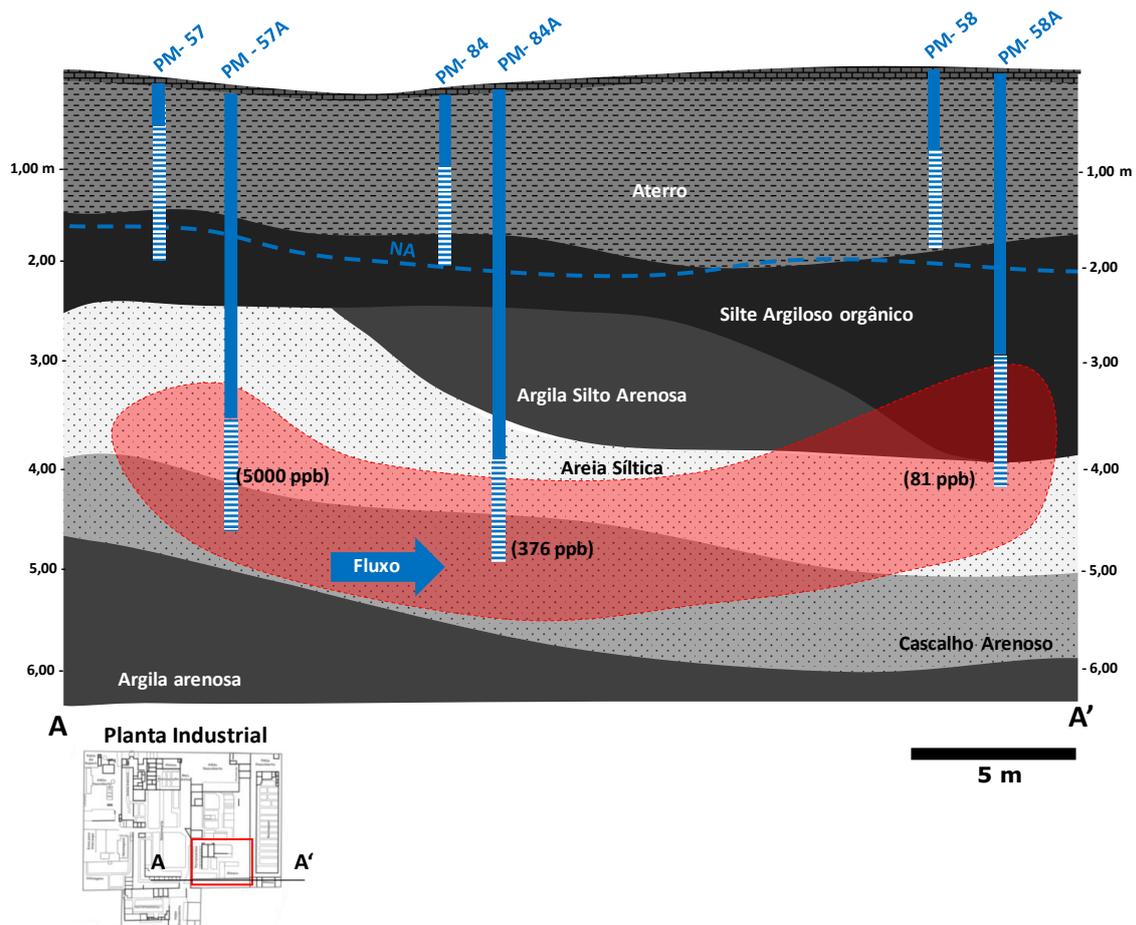


Figura 4: Modelo conceitual anterior da área, focado na fase dissolvida (Corte A-A'). Fonte: Adaptado de Relatório Consultoria A

4. Metodologia

Sondagens

Para o mapeamento da contaminação ligada ao solo foram realizadas três sondagens com profundidade de 6,0 metros cada, na antiga área de Galvanoplastia (atual almoxarifado). A investigação se desenvolveu até a profundidade mencionada pelo fato dos principais impactos verificados na água subterrânea terem sido limitados até

⁷ Sem considerar as vias de exposição, apenas incluindo as unidades hidroestratigráficas e os impactos por tetracloroetileno (PCE) entendidos até o momento.

esta profundidade. O equipamento usado para a perfuração foi uma sonda mecanizada da AMS, modelo *Power Probe 9100-ATV*⁸.

As sondagens foram realizadas através da metodologia de cravação contínua - *Direct Push*, com o uso de amostrador *Dual Tube* da AMS *sampler* (Figura 5), com 1,2 m de comprimento e 70 mm de diâmetro, o qual contém em seu interior liners de PEAD de 1,2 m de comprimento e 37 mm de diâmetro, equipados com retentores de amostra (*core catchers*), que são essenciais para recuperação de amostras na zona saturada, em especial quando há solos arenosos.

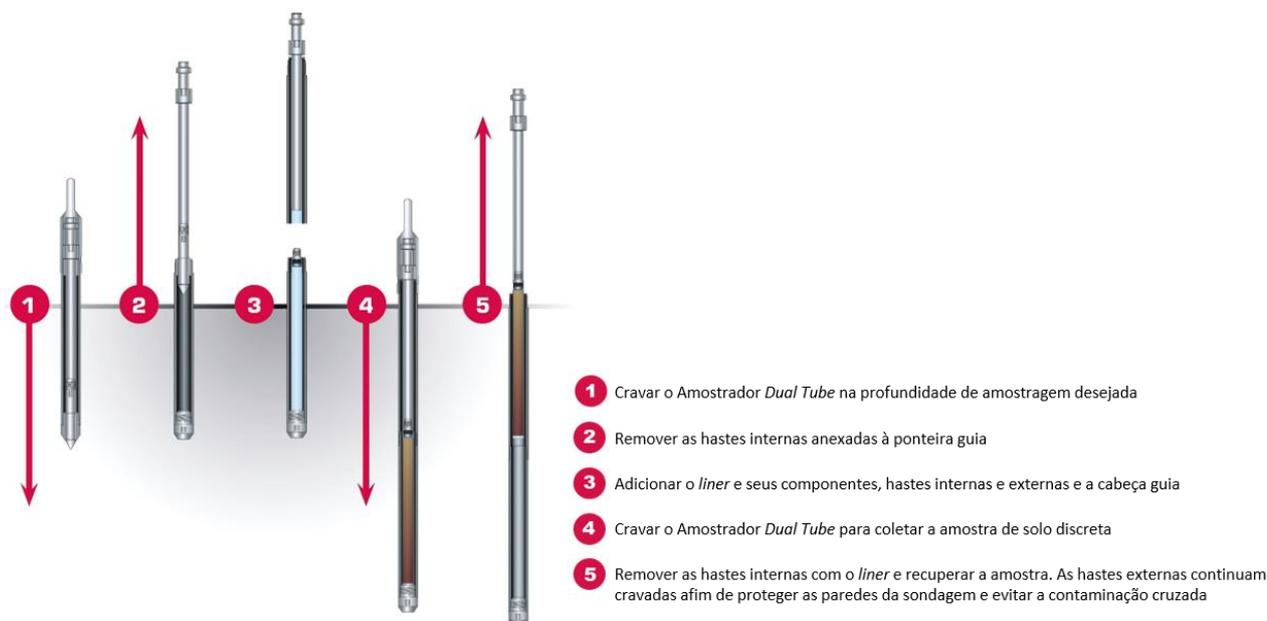


Figura 5: Procedimento de Sondagem *Direct Push* com o amostrador *Dual Tube*. Fonte: Adaptado de AMS *samples Inc.*

A vantagem do amostrador *Dual Tube* é que ele permite a recuperação de amostras de solo ao mesmo tempo em que o tubo externo reveste a sondagem, impedindo, desta forma, que solo de estratos superiores se misturem à amostra de interesse. Essa limitação poderia ocorrer caso tivesse sido escolhido o amostrador *Single Tube* (modalidade de amostrador *Direct Push* mais difundido e usado no Brasil), o qual não é indicado para sondagens mais profundas que 4 metros, principalmente abaixo do nível d'água, pois gera uma coleta de solo não representativa. Apesar do *Dual tube* apresentar pequenas limitações, como o maior atrito lateral (tubo externo) no momento da perfuração e sondagens em materiais muito inconsolidados na zona saturada (Riyis, 2015), é um amostrador muito indicado para coletar amostras representativas destinadas a análises químicas e é a mais rápida modalidade para realizar uma amostragem contínua, especialmente quando existe a presença de NAPL⁹ (Poole et al., 2005). A Figura 6 mostra uma sequência de fotos em campo, evidenciando o equipamento utilizado para sondagem e o amostrador *Direct Push Dual Tube*.

⁸ Equipamento disponibilizado pela empresa ECD Sondagens Ambientais em parceria com o SENAC

⁹ NAPL - non-aqueous phase liquid

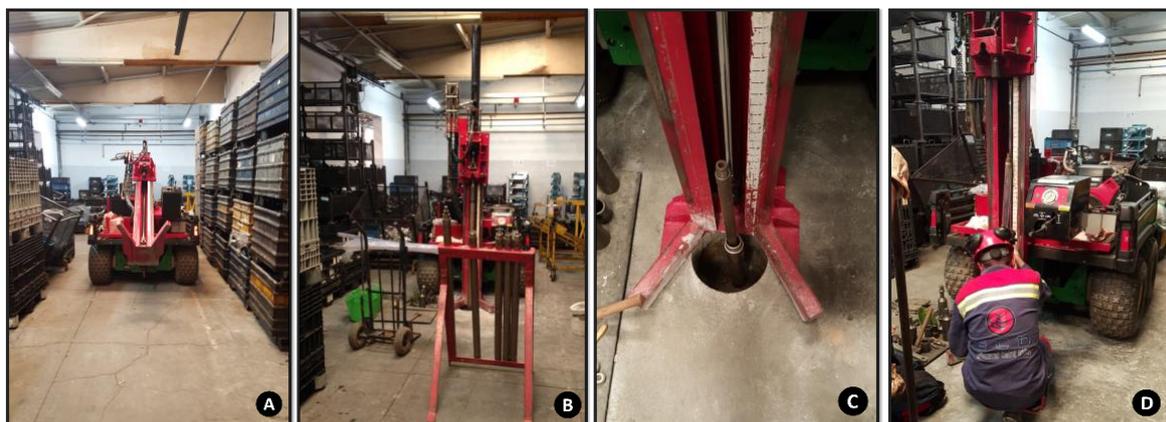


Figura 6: A: Sonda Power Probe 9100-ATV; B: Preparação dos equipamentos para início da sondagem; C: Sondagem com o amostrador Dual Tube; D: Recuperação da amostra.

Coleta de Amostras de Solo em Alta Resolução

Para a detecção e quantificação dos contaminantes em subsuperfície, visando a interpretação de sua distribuição pelas camadas hidroestratigráficas da área, , utilizou-se a metodologia do *Smart Characterization* para coleta de amostras de solo, o *Whole Core Soil Sampling – WCSS*.

Esse método consiste na coleta de amostras de solo em intervalos regulares, em uma mesma sondagem e em alta resolução para análise de compostos orgânicos voláteis (VOC), como por exemplo solventes clorados. A amostragem é realizada preferencialmente em maior densidade nas camadas de baixa permeabilidade (zona de armazenamento) e baixa advecção.

A Figura 7, compara a metodologia tradicional de sondagem e coleta de amostras de solo, realizada com um trado manual ou com o amostrador Single Tube, com o *Whole Core Soil Sampling* que é realizado com o amostrador Direct Push, Piston Sampler ou Dual Tube. Nessa figura é possível perceber que na amostragem tradicional a coleta de amostras é feita até a franja capilar, ou quando há o avanço até a zona saturada existe uma baixa densidade de amostras, o que faz com que não haja um mapeamento correto dos contaminantes retidos. Já com o *Whole Core Soil Sampling*, a alta densidade de dados permite um melhor detalhamento da distribuição de contaminantes no solo.

Após a cravação e a retirada do amostrador, realizou-se varreduras de VOC ao longo dos liners utilizando-se um fotoionizador portátil (PID, modelo *MiniRAE 3000 - RAE system*). Essas leituras foram executadas a partir de pontos de pequeno diâmetro em intervalos de aproximadamente 10 cm no próprio liner (Figura 8A).

Posteriormente, com o liner aberto, as amostras foram coletadas em alta densidade de acordo com as zonas de interesse (por exemplo em zonas de contato entre areias e argilas ou lentes de baixa condutividade e/ou em intervalos com altas concentrações indicadas pelo PID).

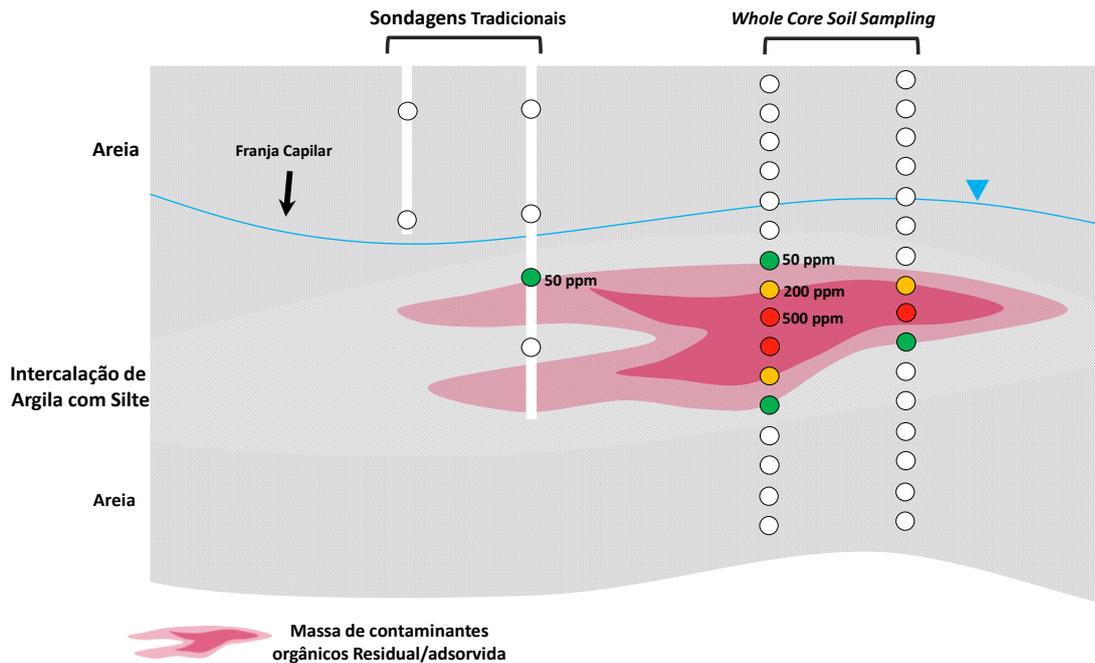


Figura 7: Comparação entre sondagens tradicionais e o *Whole Core Soil Sampling* para a caracterização de impactos no solo com mapeamento de contaminantes orgânicos

A coleta da amostra foi então realizada com auxílio de seringas descartáveis de 10 ml cortadas na ponta (Figura 8B), com o intuito de transferir as amostras diretamente para 2 vials de 40 ml por amostra (Figura 8C), sendo um previamente pesado e preenchido com metanol (Figura 8D) e outro vazio para quantificação da umidade do solo, de acordo com as referências normativas NBR 16344:2015 e ASTM D4547:2015. As amostras foram encaminhadas para um laboratório fixo para análise de compostos orgânicos voláteis, por meio do método EPA 8260C (SW-846)¹⁰.

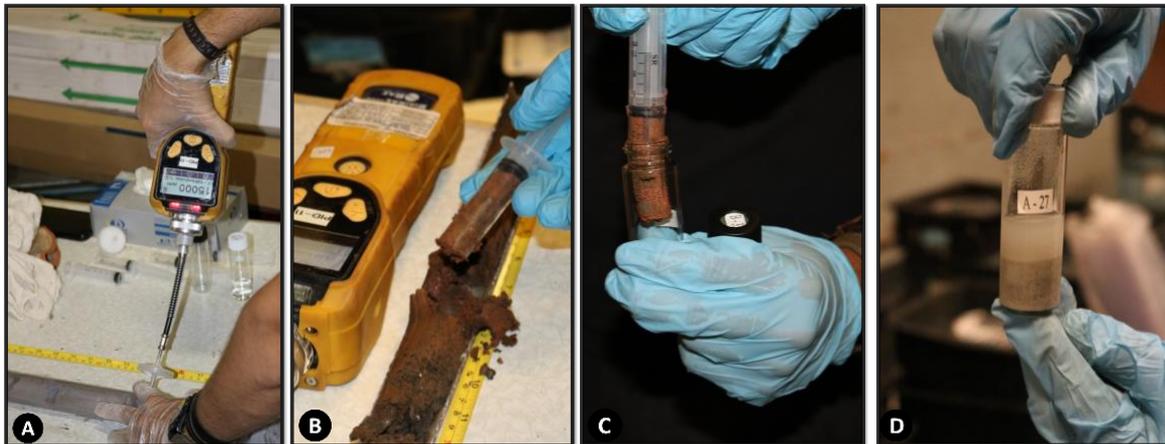


Figura 8: Procedimento de amostragem de solo com imersão em metanol, através da metodologia *Whole Core Soil Sampling*. Fotos obtidas durante o trabalho de campo

¹⁰ EPA (United States Environmental Protection Agency) - *Method 8260C (SW-846): Volatile Organic Compounds by Gas Chromatography/Mass Spectrometry*

Cálculo de partição do *Pore Water* através de resultados de solo

Análises químicas de solo indicam a massa total de contaminantes por base de massa seca. Este tipo de análise inclui mas não distingue a massa adsorvida nos grãos sólidos, dissolvida na água subterrânea, volatilizada em fase vapor e o próprio NAPL (Feenstra et al., 1991).

Resultados de amostras de solo podem ser aplicados para estimar a presença de NAPL em fase residual ou livre, baseado no cálculo de particionamento de massa (EPA, 1992; Feenstra et al., 1991; Pankow & Cherry, 1996).

O método utilizado parte da suposição de que todos os orgânicos em subsuperfície apresentam fase dissolvida em água subterrânea e adsorvida no solo. Desta forma, foi utilizada neste estudo a concentração de tetracloroetano (PCE) no solo para o cálculo de particionamento, determinando uma concentração teórica de fase dissolvida (*pore-water*). A equação abaixo foi utilizada considerando o particionamento de contaminantes orgânicos em na zona saturada, uma vez que não há perda de massa para fase vapor (Feenstra et al., 1991):

$$C_w = \frac{(C_t * \rho_b)}{(K_d * \rho_b + \phi_w)}$$

Sendo:

- C_w - Concentração da SQI na água ($\mu\text{g/L}$);
- ρ_b - densidade do solo (g/cm^3);
- C_t - concentração da substância química de interesse no solo ($\mu\text{g/kg}$);
- K_d - coeficiente de particionamento entre sólido e líquido; (L/kg)
- ϕ_w - porosidade efetiva saturada da amostra.

O coeficiente de particionamento (taxa de sorção) da SQI pode ser obtido por meio da relação entre a fração de carbono orgânico do solo (f_{oc}) e o coeficiente de partição carbono orgânico-água (k_{oc}) do composto químico, de acordo com a equação:

$$K_d = K_{oc} f_{oc}$$

Como indício de presença de NAPL assume-se que, caso a concentração teórica de *pore water* for maior do que a solubilidade efetiva da substância química de interesse, NAPL pode estar presente no local.

A solubilidade efetiva é quantificada para avaliar o limite real de solubilidade de misturas de uma determinada substância química, sendo estimada através da seguinte equação:

$$S_i^e = X_i S_i$$

Onde: S_i^e é a concentração da fase dissolvida ou solubilidade efetiva do composto i , X_i é a fração molar do composto i na mistura do NAPL, e S_i é a solubilidade do produto puro i (Feenstra et al., 1991).

5. Resultados

Unidades Hidroestratigráficas

Com o avanço das 3 sondagens, SD-01, SD-02 e SD-03, na antiga área de galvanoplastia (Figura 9), até os 6 metros de profundidade, foi possível confirmar a

complexa heterogeneidade do solo local, composto por uma sequência típica de um ambiente fluvial.

Plano de Trabalho – Sondagens *Whole Core Soil Sampling*

LEGENDA

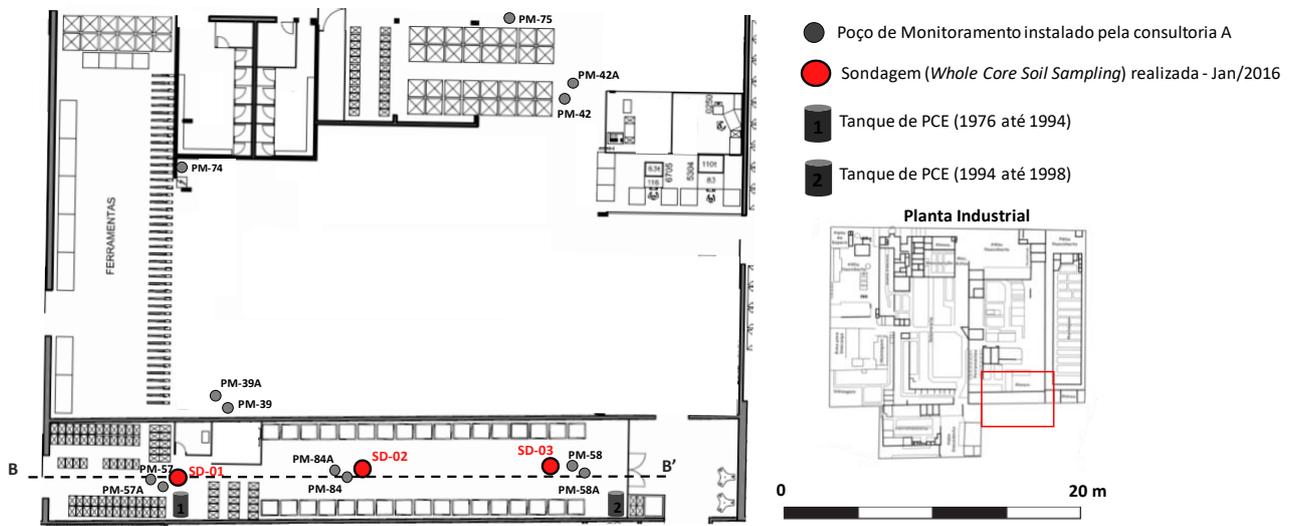


Figura 9: Plano de trabalho, mostrando a localização das 03 sondagens realizadas dentro da área do antigo galpão de galvanoplastia.

Foi observado que as camadas, em geral, possuem uma continuidade lateral, constituídas tanto de materiais mais argilosos como arenosos. De acordo com análise detalhada da hidroestratigrafia, foram identificadas 2 importantes zonas de fluxo, 1 importante zona de armazenamento e 1 zona de baixa advceção. A sequência litológica pode ser descrita basicamente do topo para a base como:

- A)** Aterro argilo arenoso com espessura variando entre 0,90 e 1,20 m;
- B)** Silte argiloso a arenoso com matéria orgânica, espessura variando entre 0,70 e 1,60 m;
- C)** Argila pouco arenosa a pouco siltosa, plástica, com espessura variando entre 0,40 e 0,60 m
- D)** Areia muito fina a fina com presença de areia média na base e espessura variando entre 1,60 e 2,80 m;
- E)** Areia fina a grossa com cascalho e espessura variando entre 0,80 e 1,50 m.

A Figura 10 mostra o típico perfil de solo encontrado na área (exemplo da descrição da SD-01 até 4,80 m).



- ① Aterro
 - ② Argila
 - ③ Silte Argiloso (orgânico)
 - ④ Areia Fina
 - ⑤ Argila Arenosa
 - ⑥ Areia Fina
 - ⑦ Areia Argilosa
 - ⑧ Areia fina
- } Zona de Armazenamento
 } Zona de baixa Advecção
 } Zona de Transporte

Figura 10: Descrição detalhada do solo da SD-01, através das amostras recuperadas até 4,80 m de profundidade. Detalhe para identificação das zonas de armazenamento, baixa advecção e transporte.

Detalhamento dos impactos

No total foram coletadas 38 amostras de solo ao longo das 3 sondagens realizadas. A Tabela 1 sumariza os dados coletados em campo.

Durante a etapa de amostragem foi verificado por meio da varredura com o PID valores significativos de VOC ao longo de todo perfil vertical da sondagem SD-01 (mais próxima ao antigo Tanque de PCE 1), especialmente na camada superficial B, onde os valores alcançaram 15000 ppmv. Nas camadas mais condutivas dessa mesma sondagem (intervalo entre 3,00 e 5,10 m) também foram verificados valores altos, da ordem de 2800 a 15000 ppmv. Nas sondagens SD-02 e SD-03 as leituras indicaram valores menos expressivos, com picos de 1400 ppmv na camada A para SD-02 e 480 ppmv na camada B respectivamente.

Os resultados analíticos mostraram impactos relevantes de contaminantes orgânicos clorados na zona saturada do solo, principalmente para PCE na camada B (principal zona de armazenamento da área) e no contato da camada arenosa com a argilosa em 3,30 m de profundidade. Esses impactos foram detectados na SD-01, a qual se

localiza próxima ao antigo tanque de PCE utilizado no processo de galvanoplastia, indicando uma boa correlação com os resultados de VOC pelo PID.

Tabela 1: Sumário das sondagens, amostras coletadas e principais resultados

Sondagem	Data	Total de Amostras	Profundidade Final (m)	Amostra	Camada	Zona	Profundidade (m)	PID (ppmv)*	Resultado PCE (mg/Kg)
SD-01	26/01/2016	14	6,00	A/B - 03	B	Armazenamento	1,50	15000	2621,4
				A/B - 24	B	Armazenamento	1,60	1219	1027,85
				A/B - 06	B	Armazenamento	1,90	12000	1677,37
				A/B - 05	B	Armazenamento	2,00	1319	103,62
				-	B	Armazenamento	2,10	7400	-
				-	D	Transporte	2,30	3240	-
				-	D	Transporte	2,40	6600	-
				A/B - 21	C	Baixa Advecção	2,60	15000	<LQ
				A/B - 15	C	Baixa Advecção	2,80	15000	<LQ
				-	C	Baixa Advecção	2,90	15000	-
				-	C	Baixa Advecção	3,00	15000	-
				-	D	Transporte	3,20	3225	-
				A/B - 20	C	Baixa Advecção	3,30	9900	2449,95
				-	C	Baixa Advecção	3,60	1117	-
				-	C	Baixa Advecção	3,70	2800	-
A/B - 37	E	Transporte	4,00	2087	<LQ				
A/B - 07	E	Transporte	5,10	2859	<LQ				
SD-02	25/01/2016	12	6,00	A/B - 33	-	Vadosa	1,00	1406	-
				A/B - 25	B	Armazenamento	1,80	36,7	5,42
				A/B - 30	D	Baixa Advecção	3,40	34,8	7,3
				A/B - 28	-	Armazenamento	6,00	12,2	2,28
				A/B - 31	-	Armazenamento	5,80	12,1	10,25
SD-03	25/01/2016	12	6	A/B - 26	-	Vadosa	0,50	110	15
				-	-	Vadosa	1,40	480,7	-

(-) Intervalo sem Coleta de Amostras

* Resultado máximo do PID é de 15000 ppmv

LQ – Limite de Quantificação

Obs: Apenas estão sendo apresentadas amostras que indicaram valores de PID acima de 1000 ppmv e/ou resultados expressivos

As concentrações detectadas no perfil da SD-01 se mostraram acima dos valores orientadores para solos industriais da CETESB e na camada B variaram entre 103 a 2621 mg/Kg para PCE, 2 a 238 mg/Kg para TCE (Tricloroetileno) e entre 185 a 285 mg/Kg para o Cis 1,2 DCE (Dicloroetileno), o que indica que há significativa massa de contaminantes concentrada entre 1,50 e 3,30 metros de profundidade.

Na sondagem SD-02 foram detectados impactos menos expressivos, no entanto foram identificadas concentrações da ordem de 2 a 10 mg/Kg de PCE e até 35 mg/Kg de Cis 1,2 DCE, principalmente na camada B e no contato entre camadas mais condutivas e menos condutivas, mostrando que apesar de um pouco mais distante da fonte propriamente dita, ainda apresenta uma importante massa de contaminantes. Apesar da sondagem SD-03 estar mais próxima do antigo segundo tanque de PCE, não apresentou concentrações significativas de contaminantes orgânicos em fase retida, mostrando que a principal fonte está localizada próxima à sondagem SD-01.

Esses resultados indicam que existe uma considerável massa residual/adsorvida de contaminante orgânico presente no solo e que não foi considerada no modelo conceitual anterior, baseado apenas em resultados de água subterrânea (fase dissolvida). Embora essa massa não seja móvel, está atuando como uma fonte secundária de contaminantes pelo processo de *back diffusion*, contribuindo para o aporte de contaminantes em fase dissolvida. Essa massa deveria ter sido mapeada

antes de qualquer ação de remediação ser considerada para área da Zanettini Barossi.

A Figura 11 apresenta um modelo conceitual atualizado (seção B-B'), indicando as profundidades em que deve haver maior massa retida de PCE no solo, de acordo com o mapeamento realizado.

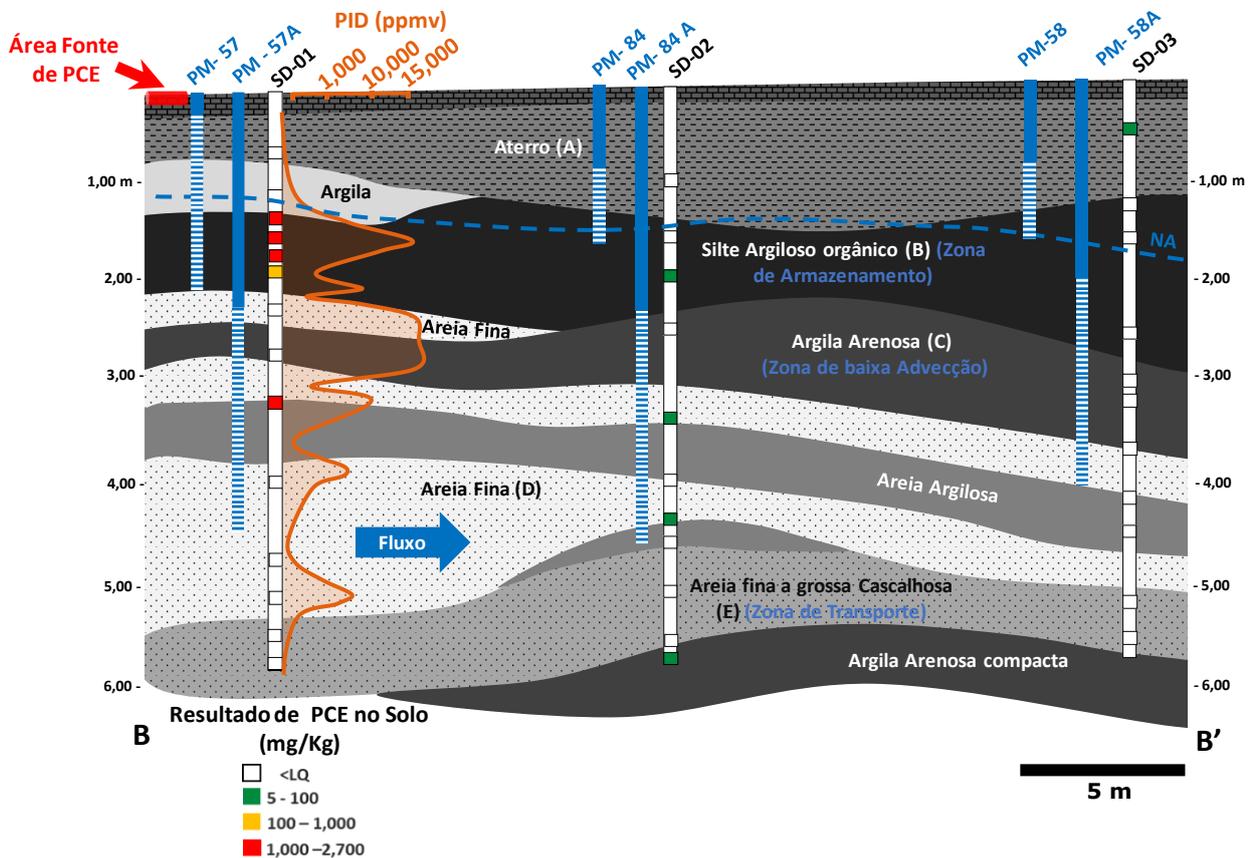


Figura 11: A figura indica as sondagens e todas amostras de solo coletadas. Os pontos em vermelho representam os maiores valores em termos de concentração de PCE detectada. Também é possível observar os valores de PID na SD-01, que estão correlacionados com as altas concentrações (mg/Kg) de PCE. Além disso, a seção mostra as principais zonas de armazenamento e transporte identificadas de acordo com a descrição detalhada das unidades hidroestratigráficas.

Os resultados do *pore water* (Tabela 2) calculados por meio das concentrações de solo verificadas na sondagem SD-01, indicaram concentrações entre 8,1 mg/L a 843 mg/L. A partir desses dados é possível concluir pela provável ocorrência de DNAPL em duas unidades hidroestratigráficas diferentes.

Tabela 2 – Resultados teóricos de fase dissolvida de PCE calculados.

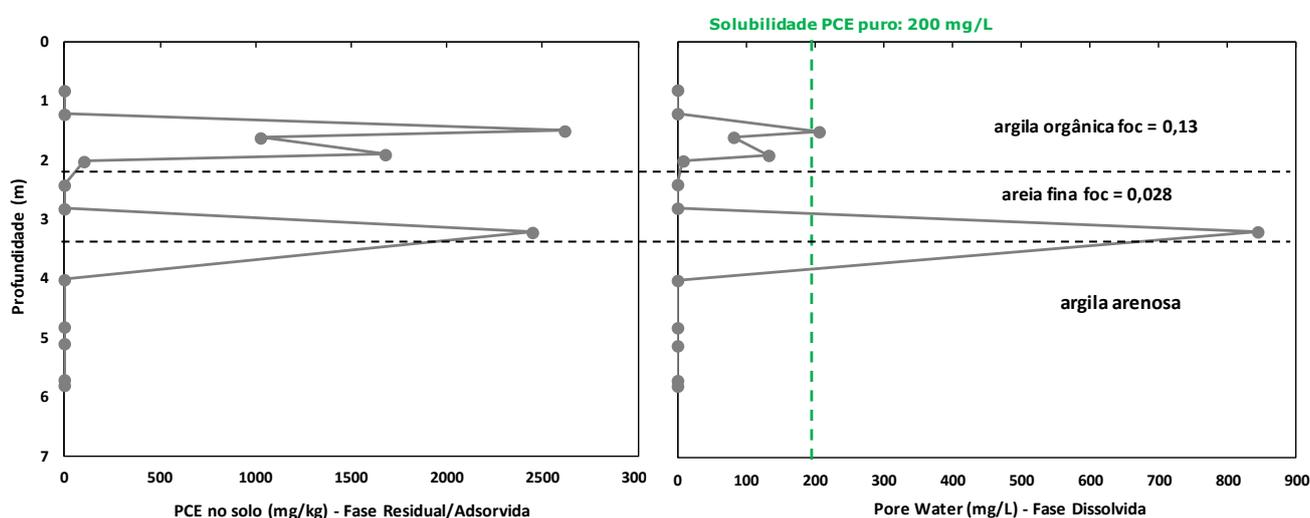
Profundidade SD-01 (m)	PCE no solo Ct (mg/kg)	foc	Kd	pb (g/cm ³)	ew	Pore water Cw (mg/L)
1,5	2621,4	0,13	12,3435	1,15	0,45	205,8
1,6	1027,85	0,13	12,3435	1,15	0,45	80,7
1,9	1677,37	0,13	12,3435	1,15	0,45	131,7
2	103,62	0,13	12,3435	1,15	0,45	8,1
3,2	2449,95	0,0276	2,62062	1,4	0,4	843

Koc PCE: 94,95 L/kg (EPA, 2017); **Foc:** Dados dos relatórios anteriores, consultoria A; **PCE Water Solubility:** 210 mg/L (EPA, 2017); **pb:** Dados dos relatórios anteriores, consultoria A; **ow:** (Shaap et al., 1999)

As concentrações teóricas apontam evidência de DNAPL¹¹ na camada de silte argiloso orgânico (B) na profundidade de 1,5 m (205,8 mg/L), havendo indícios de impactos representativos na mesma camada também em 1,9 m (131,7 mg/L). Na base da camada de areia fina (D), em contato com argila arenosa, verificou-se que a concentração teórica de PCE (843 mg/L) apresentou valor 4,2 vezes acima do limite de solubilidade do produto puro (Gráfico 2).

Apesar dos resultados da amostra verificada na camada de silte argiloso (1,5 m) apresentar resultados superiores de concentração de PCE no solo que a amostra na camada de areia fina (3,2 m), o resultado de fase dissolvida teórica na camada de areia fina obtido foi 4 vezes mais alto que o da camada de silte argiloso, o que confirma a característica de retenção/armazenamento de massa da camada silto argiloso.

Gráfico 2: Resultados teóricos de PCE na SD-01 calculados pelo pore water com os resultados no solo obtidos na Perfilagem WCSS (mg/Kg)



6. Conclusão

Esse estudo mostrou o bom desempenho da amostragem de solo em alta resolução utilizando a metodologia *Whole Core Soil Sampling* para mapeamento de áreas fonte, principalmente em se tratando de ambientes com configurações geológicas de alta heterogeneidade. Com essa metodologia, tornou-se possível a identificação de zonas alvo com importante massa de contaminantes orgânicos residual/adsorvida, não mapeadas no modelo conceitual anterior da Zanettini Barossi, o qual se baseou no mapeamento e na remediação da água subterrânea em baixa resolução. Essa massa de contaminantes, representada principalmente pelo PCE, pode estar atuando como uma fonte secundária na região, contribuindo para o aporte de contaminantes para fase dissolvida.

Dessa maneira, para que a remediação da área fonte seja implantada de maneira eficiente, se faz necessário uma investigação utilizando o *Smart Characterization* de forma a continuar e complementar o presente estudo.

11 Dense non-aqueous phase liquid

Além disso, com a descrição detalhada das unidades hidroestratigráficas, foi possível distinguir duas zonas de maior relevância que condicionam a distribuição do contaminante no meio, sendo uma com características de armazenamento de massa e outra de fluxo de massa. Em ambas, os resultados de concentração de PCE no solo sugerem a presença de DNAPL, indicando uma maior massa concentrada no meio da camada mais rasa (silte argiloso - B) e a possível formação de *pool* no contato da zona de fluxo (areia fina - D) com a camada de argila arenosa (vide figura 11). Os resultados demonstram que a massa do contaminante pode estar concentrada em porções centimétricas no meio, o que não é possível de ser verificado em investigações tradicionais.

Com os dados obtidos, conclui-se que a metodologia *Whole Core Soil sampling* utilizando o metanol como preservação das amostras, permite uma coleta de amostras com maior qualidade, minimizando a perda de compostos orgânicos voláteis, o que faz com que os resultados analíticos sejam mais representativos, permitindo uma melhor quantificação da massa de contaminantes adsorvida na matriz do solo, principalmente em zonas de baixa permeabilidade.

De maneira geral, conclui-se que, para a construção de um modelo conceitual mais completo os métodos tradicionais de caracterização precisam ser substituídos por técnicas mais avançadas, otimizando dessa forma, a performance da remediação nas áreas que de fato necessitam ser remediadas. Logo, uma das maneiras de otimizar essa etapa é caracterizar e identificar os impactos no solo, principalmente na zona saturada, em alta resolução.

Referências

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS - **ASTM D4547 – Standard Guide for Sampling Waste and Soils for Volatile Organic Compounds**. 2015

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS – ABNT. **NBR 16.434 – Amostragem de resíduos sólidos, solos e sedimentos – Análise de compostos orgânicos voláteis (COV) - Procedimento**. Rio de Janeiro: 2015.

BALL, Willian; LIU, Chongxuan; XIA, Guoshou. YOUNG, Dirk; **A diffusion-based interpretation of tetrachloroethene and trichloroethene concentration profiles in a groundwater aquitard**. *Water Resources Research*. 1997

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Manual de Gerenciamento de Áreas Contaminadas**. 1999. Disponível em: http://www.cestesb.sp.gov.br/solo/areas_contaminadas/manual.asp

CETESB – Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Decisão de Diretoria 038/2017/C**. São Paulo. Disponível em: <http://www.cestesb.sp.gov.br/wp-content/uploads/sites/11/2014/12/DD-038-2017-C.pdf>. Acesso em: 22 de junho de 2017.

CONSULTORIA A. **Diagnóstico Ambiental Complementar e modelagem matemática de fluxo (parcial)** – Agosto de 2009

CONSULTORIA A. **Monitoramento Ambiental das águas subterrâneas e dos vapores abaixo do contra piso** – Outubro de 2013

CONSULTORIA A. **Avaliação Ambiental Complementar e Monitoramento das águas subterrâneas** – Abril de 2014

CONSULTORIA A. **Monitoramento Ambiental das águas subterrâneas e dos vapores abaixo do contra piso** – Abril de 2015

CONSULTORIA B. **Caracterização Ambiental** – Julho de 2002

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

CONSULTORIA C. **Investigação Detalhada, Análise de Risco Toxicológico e Proposta de Remediação** - Novembro de 2003

CONSULTORIA C. **Relatório de Complementação da Investigação Detalhada e Análise de Risco** – Março de 2008

CURRY, Patrick; WELTY, Nicklaus; WRIGHT, Jesse; FAVERO, Dave; QUINNAN, Joseph; **Smart Characterization – An Integrated Approach for Evaluating a Complex 1,4 – Dioxane Site**. *Remedial Journal*, 2016.

DEPARTAMENTO DE ÁGUAS E ENERGIA ELÉTRICA (DAEE). Estudo de Águas Subterrâneas. Região Administrativa 1. Grande São Paulo v.1. 1975

ELLIS, R. E. **Summary of Findings for the 2014; High-Resolution Groundwater Hydraulic Investigation and Geochemical Investigation; Former Burgess-Norton Mfg. Co., Inc.; 660 Nims Street; Muskegon, MICHIGAN; MDEQ Site ID 61000410**. Relatório Técnico submetido ao *Michigan Department of Environmental Quality*, 2014.

FEENSTRA, Stan; MACKAY, Douglas; CHERRY, JOHN, **A Method for Assessing Residual NAPL based on Organic Chemical Concentrations in Soil Samples**. Focus, 1991.

ITRC (Interstate Technology & Regulatory Council). **Integrated DNAPL Site Characterization and Tools Selection**. Washington, D.C.: Interstate Technology & Regulatory Council, DNAPL Site Characterization Team. 2015

PANKOW, J. F.; J. A. CHERRY, **Dense Chlorinated Solvents and other DNAPLs in Groundwater**. Portland, OR: Waterloo Press. 1996

PARKER, B; CHERRY, John; CHAPMAN, SW; **Field study of TCE diffusion profiles below DNAPL to assess aquitard integrity**. *Journal of Contaminant Hydrogeology*. 2004

POOLE, Sidney; SCHULTZ, Eric; JELICK, Joe; REINBOLD, Karl; JUSTICE, Matt; HAGEN; Erick; **Use of Direct Push Technologies for Soil and Ground Water Sampling**; Ohio – EPA (*Environment Protective Agency*), 2005.

RICCOMINI, Claudio; **Tectônica e Sedimentação na Bacia Sedimentar de São Paulo**. In: **Seminário Problemas Geológicos e Geotécnicos na Região Metropolitana de São Paulo**. 1992

RIYIS, Marcos Tanaka. **Investigação geoambiental com tomada de decisão em campo utilizando o piezocone de resistividade como ferramenta de alta resolução**. Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil e Ambiental – FEB/UNESP. Bauru, 2012.

RIYIS, Marcos Tanaka; GIACHETI, Luiz Heraldo; DERRITE, Rafael Muraro; RIYIS, Mauro Tanaka. **Comparação entre ferramentas de amostragem de solo “Direct Push” em investigações geoambientais de áreas contaminadas**. III Congresso Internacional do Meio Ambiente Subterrâneo. São Paulo. 2013a

RIYIS, Marcos Tanaka; GIACHETI, Luiz Heraldo; DERRITE, Rafael Muraro; RIYIS, Mauro Tanaka. **Investigação geoambiental de áreas contaminadas com elaboração do modelo conceitual em campo utilizando ferramentas de alta resolução (HRSC)**. Congresso Brasileiro de Geologia de Engenharia e Ambiental. Rio de Janeiro, 2013b.

RIYIS, Marcos Tanaka; GIACHETI, Luiz Heraldo; DERRITE, Rafael Muraro; RIYIS, Mauro Tanaka. **Estimativa de Massa de Contaminantes Comparando técnicas tradicionais com Investigação de Alta Resolução**. Revista Brasileira de Geologia e Engenharia Ambiental. 2015.

RIYIS, Marcos Tanaka. **Eu Preciso Amostrar Solo em Zona Saturada?** Blog da empresa ECD Sondagens Ambientais. 2015. Disponível em: <http://ecdambiental.blogspot.com.br/2015/07/eu-preciso-amostrar-o-solo-na-zona.html/>>. Acesso em 11 de Julho de 2017.

RIYIS, Marcos Tanaka. **Amostragem de Solo para Reabilitação de Áreas Contaminadas.** Blog da empresa ECD Sondagens Ambientais. 2017. Disponível em: <<http://www.ecdambiental.com.br/2017/07/amostragem-de-solo-para-reabilitacao-de.html>>. Acesso em 21 de Agosto de 2017.

SABESP/CEPAS/IGC-USP; **Diagnóstico Hidrogeológico da Região Metropolitana de São Paulo**, 115 p. São Paulo, 1994

SALE, Tom; PARKER, Beth; C. NEWELL; J.F. DEVLIN; D. ADAMSON, S. CHAPMAN, K. SALLER. **Management of Contaminants Stored in Low Permeability Zones, A State-of-the-Science Review.** 2013. SERDP Project ER-1740, Strategic Environmental Research and Development Program, Arlington, Virginia.

SÃO PAULO. **Lei Estadual no 13.577, de 08 de julho de 2009.** Dispõe sobre diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas. Disponível em: <<http://www.al.sp.gov.br/repositorio/legislacao/lei/2009/lei-13577-08.07.2009.html>>. Acessado em: 21 de fevereiro de 2017.

SÃO PAULO. **Decreto Nº 59.263, de 05 de Junho de 2013.** Regulamenta a Lei nº 13.577, de 08 de julho de 2009, que dispõe sobre as diretrizes e procedimentos para a proteção da qualidade do solo e gerenciamento de áreas contaminadas, e dá providências correlatas. São Paulo. 2013. Legislação Estadual.

SERVIÇO GEOLÓGICO DO BRASIL (CPRM); **Mapa Geológico do Estado de São Paulo 1-750.000.** GeoSbg, 2006

SHAAP, M.G., LIEJ, F.J., VAN GENUCHTEN, M.Th. **A bootstrap-neural network approach to predict soil hydraulic parameters,** 1999.

SUTHERSAN, Suthan; QUINNAN, Joseph; WELTY, Nicklaus. **The New ROI: Return of Investment by Utilizing SMART Characterization Methods.** *Ground Water Monitoring and Remediation*, 35-n3. Summer: 25-33. 2015.

SUTHERSAN, Suthan; HORST, John; SCHNOBRICH, Matthew; WELTY, Nicklaus; MCDOUGH, Jeff; **Remediation Engineering: Design Concepts, second edition.** 2016.

USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY); **Estimating Potential for Occurrence of DNAPL at Superfund Sites.** 1992

USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **Characterization and Monitoring,** 2014. Disponível em <<http://clu-in.org/characterization/technologies/hrsc/hrscintro.cfm>>.

USEPA (UNITED STATES ENVIRONMENTAL PROTECTION AGENCY). **Chemical Specific Parameters, 2017.** Disponível em < <https://www.epa.gov/risk/regional-screening-levels-rsls-generic-tables-november-2017>>

WELTY, Niklaus; CURRY, Patrick; QUINNAN, Joseph; **Smart Characterization and Return of Investigation in: Advances in Remediation: A New Way to Thinking.** Pg 13-18. Arcadis. 2016

WELTY, Niklaus; QUINNAN, Joseph; **Smart Characterization. Increasing your Return on Investigation.** Arcadis, 2017

WILSON, J.L; **Removal of aqueous phase dissolved contamination: nonchemically enhanced pump and treat.** In: Ward, C.H., et al. (Ed.), *Subsurface Reemediation Handbook.* Ann Arbor Press, Chelsea, MI, pp. 271-285. 1997

Análise dos riscos ocupacionais no ambiente de trabalho de uma marcenaria

Analysis of occupational risks in a joinery work environment

Tallita Tostes da Costa¹, Fábio Ribeiro de Oliveira², Thiago Roberto Bandim Mariano¹

1 Universidade Federal de Ouro Preto (UFOP)

2 Universidade Federal Fluminense (UFF)

(tatitall@yahoo.com.br; fabioribeiro@id.uff.br; thiagobandin@yahoo.com.br)

Resumo. O estudo das condições de trabalho, abordando aspectos ergonômicos e ambientais e os respectivos riscos das atividades, precisa ser visto dentro das empresas como forma de investimento, onde a prevenção passe a ser a meta principal. Este trabalho objetiva uma análise de riscos voltada aos aspectos de saúde, segurança e meio ambiente em uma marcenaria, por meio de um estudo de caso com a coleta de dados e a observação direta da rotina operacional. Entre os resultados, foi possível elencar uma série de medidas corretivas e preventivas a serem implementadas no ambiente de trabalho, sendo a maioria relacionada à falta de suporte técnico e à dificuldade de investimentos por parte da empresa.

Palavras-chave: Riscos ocupacionais; Segurança do trabalho; Saúde do trabalhador; Marcenaria

Abstract. The study of working conditions, addressing ergonomic and environmental aspects and risks of their activities, needs to be seen within the company as an investment, where prevention becomes the main goal. This paper aims to analysis of risks focused on aspects of health, safety and environment in a joinery, through a case study with data collection and direct observation of the operational routine. Among the results, it was possible to list corrective and preventive measures to be implemented in the work environment, mostly related to lack of technical support and the difficulty of investment by the company.

Keywords: Occupational risks; Labor safety; Worker's Health; Joinery

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

Visando garantir a segurança e a saúde do trabalhador no ambiente laboral, as práticas de controle dos riscos ocupacionais dependem de uma análise sistêmica e criteriosa.

Devido a competitividade do mercado, conseqüentemente gerando uma alta demanda de produção, muitos gestores não focam a atenção adequada ao ambiente de trabalho no qual estão inseridos os colaboradores da organização, desconhecendo os riscos ocupacionais aos quais os mesmos se expõem (ARRUDA, 2013). As ações, em maioria na forma corretiva, necessitam estar um passo à frente nos requisitos de responsabilidade socioambiental e em harmonia com a comunidade e meio em que a empresa está inserida (OLIVEIRA e GAMEIRO, 2014).

Moraes e Soares (2000) afirmam que os objetivos e exigências das tarefas, somados ao ambiente físico e organizacional, são fatores que atuam sobre os funcionários durante o desempenho das atividades. O ambiente de trabalho pode influenciar a forma como a atividade é executada, refletindo no processo de conhecimento e melhoria do desempenho funcional.

No setor moveleiro, as marcenarias necessitam de um aprofundamento dos estudos relacionados à saúde ocupacional, visto a gama de fatores de risco e o desconhecimento e banalização, por parte dos funcionários, dos aspectos que poderão afetar a saúde e segurança (SANTOS e ALMEIDA, 2016). Os trabalhadores em marcenarias, de maneira geral, estão expostos a diversos riscos relacionados a integridade física e psicológica, o que, diante de possíveis acidentes e afastamentos, refletem de maneira ampla nos aspectos de saúde, ambiente de trabalho e produtividade (FIEDLER, 2001; BASTOS, 2010).

Assim, diante das dificuldades em que pequenas empresas como marcenarias possuem em realizar adequações ambientais e de saúde ocupacional, este trabalho objetiva fornecer subsídios para a gestão da saúde e segurança do trabalho em uma marcenaria localizada na Zona da Mata do Estado de Minas Gerais. Visa identificar e analisar os principais riscos relacionados aos aspectos de saúde, segurança e meio ambiente, para proporcionar um ambiente industrial seguro, o que reflete na satisfação e produtividade dos trabalhadores envolvidos.

2. Referencial teórico

O setor moveleiro no Brasil apresentou entre 2009 e 2013 um crescimento de 27.1%, chegando ao patamar de 470 milhões de peças produzidas no ano, contando com 18.2 mil unidades produtoras e cerca de 300 mil pessoas empregadas (IEMI, 2014).

A produção da indústria moveleira está geograficamente dispersa por todo território brasileiro, localizando-se principalmente na região centro-sul do país, que responde por cerca de 90% da produção nacional e 70% da mão de obra do setor (SILVA et al., 2007). A maioria destas organizações são microempresas, de composição familiar e capital nacional (SEBRAE, 2000).

Silveira *et al.* (2013) apontam que empresas de menor porte possuem maior dificuldade de sincronia entre a capacidade dos processos e a atividades da produção. Com o mesmo ponto de vista, Slack *et al.* (2007) destacam fatores como a escala de operações e a disponibilidade de tecnologia como limitadores de controle de produção e mão de obra especializada.

Brant e Melo (2001) ressaltam que o trabalho pode gerar condições que favoreçam tanto a saúde quanto o adoecimento. Além da patologia oncológica, também podem ser consideradas doenças profissionais neste setor: dermatite; urticária; conjuntivite; rinite; asma; pneumonite por hipersensibilidade; e alveolite alérgica intrínseca (SANTOS e ALMEIDA, 2016).

A Norma Regulamentadora 9 (NR 9) referente ao Programa de Prevenção de Riscos Ambientais do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE, 2016a) classifica os riscos ocupacionais como sendo os agentes físicos, químicos e biológicos existentes nos ambientes de trabalho, que, em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador. Em uma análise sistêmica, questões ergonômicas e mecânicas também podem ser consideradas.

Além disso, a norma supracitada estabelece a obrigatoriedade da elaboração e implementação, por parte de todos os empregadores e instituições que admitam trabalhadores, do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRa, buscando a antecipação, reconhecimento, avaliação e consequente controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que venham a existir (MTE, 2016a). Contudo, por questões de desconhecimento, condições econômicas ou mesmo a falta de recursos humanos especializados, muitas empresas não adotam programas de análise e prevenção de riscos.

3. Metodologia

Este trabalho contou primeiramente com uma pesquisa bibliográfica no intuito de fornecer subsídios para a identificação das normas regulamentadoras e ações voltadas à saúde ocupacional em unidades de marcenaria.

Posteriormente, o desenvolvimento da pesquisa deu-se por meio de um estudo de caso. Tal tipo de pesquisa permite identificar aspectos gerais em uma dada situação e relacionar com outras situações convergentes, na forma de colaboração e o compartilhamento de conhecimento (STAKE, 1999; DE DEUS *et al.*, 2010; VITORELI *et al.*, 2012).

A marcenaria objeto de estudo está localizada no Estado de Minas Gerais, em uma região denominada Zona da Mata Mineira, em proximidade ao polo moveleiro de Ubá/MG. É classificada como uma empresa de “fabricação de móveis com predominância de madeira”, conforme a Classificação Nacional de Atividades Econômicas – CNAE, possuindo, portanto, grau de risco 3.

O grupo ocupacional da marcenaria considerada neste estudo abrange o apoio administrativo e operacional, este último contando com quatro marceneiros, na função de confeccionar e reparar móveis e peças de madeira e dar-lhe o acabamento requerido, através de desenhos, especificações e maquinário.

Realizaram-se visitas técnicas à empresa adotada como objeto de estudo, fazendo uso dos métodos de coleta de dados em campo e da observação direta, que, conforme Gonçalves (1994), permite acompanhar e registrar movimentos, discursos e ações dos trabalhadores, bem como as relações interpessoais e aquelas voltadas a interação com o objeto de trabalho, incluindo fatores de saúde ocupacional.

De acordo com as constatações obtidas durante as visitas técnicas, realizou-se um paralelo com a fundamentação teórica, e, a partir desta análise comparativa, foram propostas ações corretivas e proativas.

Buscou-se uma caracterização do local, através de esclarecimentos e percepções referentes ao processo, além de informações quanto aos postos de trabalho e maquinário. Todo o processo de visitas à área foi feito com a supervisão do responsável pelo setor, contando também com a participação dos demais funcionários. Além disso, também foram realizados monitoramentos por meio de dois equipamentos de medição, um relativo à iluminação e outro relativo ao ruído.

Quanto à iluminação, a medição foi realizada no posto de trabalho, com o funcionário efetuando suas atividades normalmente. Utilizou-se o aparelho Luxímetro - ICCEL, modelo LD 500, com finalidade de medir níveis instantâneos em LUX através de fotocélula, corrigidos para a sensibilidade do olho humano e em função do ângulo de incidência.

Quanto ao ruído, foi utilizado um medidor de pressão sonora digital, dosímetro, da marca Simpson e modelo 897, no qual foram efetuadas as medições nos postos de trabalho, sendo este fixado ao trabalhador na sua cintura e o microfone próximo ao ouvido, ou seja, próximo ao seu plano auditivo.

As constatações elencadas no capítulo 4 tiveram por base os riscos mecânicos, físicos, químicos, biológicos e ergonômicos, conforme a classificação da NR 9. Em função dos possíveis danos à saúde e à integridade física do trabalhador, apresentou-se propostas para a adequação organizacional frente aos riscos diagnosticados.

4. Resultados e discussão

Identificação do processo produtivo e residuais da marcenaria

O processo produtivo do empreendimento inicia-se com a recepção da matéria-prima e alocação das mesmas em depósito. A próxima etapa é a preparação da madeira para confecção dos produtos. O trabalho é feito a partir das especificações do projeto característico do cliente. Primeiramente obtêm-se o tamanho e espessura desejada da madeira, seguida pela marcação das dimensões previstas, lixamento, montagem, acabamento, pintura, retoque e expedição.

No acabamento, são utilizados produtos que garantem a conservação, a estética e o aumento da resistência dos móveis, contudo, tais produtos apresentam concentração de agentes químicos que podem trazer risco às atividades. Alguns dos materiais utilizados no acabamento são de natureza tóxica e acarretam problemas para a saúde do trabalhador responsável, a exemplo de solventes, resinas e aditivos.

A fabricação de móveis, com variação de volume e natureza, gera resíduos sólidos, emissões atmosféricas e efluentes líquidos. Na Figura 1, é apresentado um fluxograma da fabricação de móveis de madeira e os residuais gerados em cada etapa do processo.

Entre os principais resíduos da indústria moveleira encontram-se os derivados da madeira, como pó, serragens e particulados. Incluem-se também produtos originados das embalagens de matéria-prima, como papéis, plásticos, restos de metal, latas de tinta, grampos, lâmpadas ultravioletas, estopas, borra de lavagem impregnada com solvente da linha de pintura, borra de tinta gerada na cabine de pintura e particulados (LIMA e SILVA, 2005).

Dessa forma, sua disposição no meio ambiente pode ocasionar na contaminação do solo, através da liberação de compostos químicos agregados à madeira e seus derivados. Além disso, os depósitos de resíduos de madeira irão se constituir em atração para insetos xilófagos (térmitas ou cupins) que se alimentam de celulose. Tais depósitos irão funcionar como foco de atração e disseminação desses insetos, facilitando a contínua infestação da área ou da edificação (LELIS, 2001).

As emissões atmosféricas referem-se, no caso da indústria moveleira, principalmente aos particulados. Incluem as partículas liberadas em diferentes etapas dos processos industriais de produção, como, por exemplo, o lixamento da madeira ou das chapas, que podem estar recobertas por diferentes tipos de acabamento, com produtos químicos como seladoras, vernizes e tintas (NAHUZ, 2005). Estima-se que apenas uma proporção de 13% a 15% das plantas industriais possua sistemas de exaustão central para captação de pó de serra, plaina e lixa (MDIC, 2002).

Da mesma maneira, as partículas em suspensão no ar, oriundas do lixamento de madeira ou chapas tratadas com produtos químicos podem ser prejudiciais à saúde, especialmente à dos operários que trabalham na indústria que produz tais emissões (NAHUZ, 2005).



Figura 1: Fluxograma do processo produtivo de móveis e resíduos gerados em cada etapa.

Fonte: Elaborado pelos autores

Riscos mecânicos

Um arranjo físico da área de trabalho que contemple uma adequada disposição do maquinário, a padronização de objetos e a identificação de materiais, resulta em ganhos de produção, melhoria das condições de trabalho e diminuição dos riscos de acidentes.

A confecção dos móveis e esquadrias é de grande risco para o trabalhador, sobretudo pela utilização de equipamentos de grande potencial para a ocorrência de acidentes. Diante da necessidade de desligar a máquina é preciso recorrer ao painel elétrico dos equipamentos que possui uma chave individual para cada tipo.

De forma a manter o local de trabalho organizado, torna-se necessário: identificar e manter as ferramentas e equipamentos em locais apropriados; conservar as ferramentas, máquinas e instrumentos sempre em condições de uso; evitar acúmulos de materiais e manter as áreas de acesso livres; fazer limpeza no mínimo uma vez por semana no local; e manter condições adequadas de uso no sanitário. A organização do ambiente laboral faz com que os funcionários tenham consciência do seu valor e de seu trabalho, tonando as atividades funcionais mais prazerosas.

Foram identificados como principais fatores de riscos mecânicos:

- Falta de um projeto adequado para alocar a marcenaria de acordo com as necessidades referentes à localização, acesso, deslocamento de pessoal e materiais, limitação de espaço para realização de tarefas, entre outros;

- Dificuldade de movimentação e perda de tempo durante o deslocamento para a troca posto de trabalho, devido à falta de organização no espaço físico (estocagem, maquinário e ferramentas);

- Precariedade das instalações elétricas, e falta de identificação em instalações, painéis, chaves e voltagem das tomadas;

- Quanto à iluminação, o nível de iluminamento medido foi de 3000 LUX para a iluminação natural e 300LUX para a iluminação artificial. Os valores monitorados foram comparados com os Índices Mínimos de LUX pelo tipo de atividade, estando de acordo com a legislação vigente NBR ISO 8995 (ABNT, 2013) que estabelece valores entre 50 e 750 LUX a depender das especificações da tarefa. Há de se ressaltar que não existem atividades noturnas no empreendimento;

- Falta de limpeza quanto aos resíduos sólidos acumulados no chão, visto que a coleta e o descarte do pó de madeira ocorrem apenas quando há grande acúmulo, requerendo, para tal, uma parada de produção;

- Acúmulo excessivo de matérias-primas em depósito, sendo fonte de abrigo para animais, entre eles os peçonhentos, situação na qual pode resultar em acidentes.

Propostas:

i) Ampliação da área, com novos galpões para acabamento, depósito de matéria-prima e expedição, dentro da disponibilidade de espaço. Consequentemente, há de se observar as saídas de emergência pertinentes;

ii) Implementação de um sistema de ventilação local com exaustor acoplado, o que implicará na remoção da poeira do ambiente interno da marcenaria;

iii) As proteções e dispositivos de segurança adaptados devem ser feitos de material durável e estar devidamente afixados. Esta adaptação deve impedir ou prevenir que as mãos, braços ou qualquer parte do corpo do trabalhador entre em contato com as partes móveis do equipamento;

iv) Para um melhor controle dos equipamentos e ferramentas, a fim de se evitar acidentes, deve-se manter informações sobre a relação dos mesmos. Há de se considerar, por exemplo, o peso, a potência, os suprimentos necessários e as características operacionais;

v) Instalar extintores de incêndios, placas e sinalização de emergência;

vi) Manutenção no sistema elétrico;

vii) Elaboração de um Procedimento Operacional Padrão (POP) relacionado à organização, limpeza e controle de manutenção no maquinário;

viii) Fornecimento e a adequada utilização de EPIs, ressaltando que primeiramente deve-se atentar para a eliminação dos riscos.

Quanto aos EPIs, para uma melhor orientação de acordo com a NR 6 (MTE, 2016b) estão listados na Tabela 1 os equipamentos, tipos de proteção, e a finalidade, considerando a função operacional de marceneiro.

Tabela 1: Tipos de EPIs

Tipo de proteção	Finalidade	Equipamento indicado
Proteção para a face	Proteção contra impacto de partículas volantes e respingos de líquidos prejudiciais, contra o ofuscamento, o calor radiante, etc.	Óculos de segurança; Máscaras e escudos diante a necessidade de realização de solda.
Proteção para o crânio	Proteção contra impactos.	Capacete de segurança.
Proteção auditiva	Contra níveis de ruído que ultrapassam os limites de tolerância.	Protetores auriculares ou auditivos (tipo concha ou inserção).
Proteção respiratória	Contra gases ou outras substâncias nocivas ao organismo que tenham por veículo de contaminação as vias respiratórias.	Aparelhos purificadores (máscara e filtro), aparelhos de isolamento do tipo autônomo ou de adução de ar.
Proteção do tronco	Contra os mais variados tipos de agentes agressores.	Aventais de napa ou couro, de PVC, de lona e de plástico, conforme o tipo de agente.
Proteção dos membros superiores	Contra materiais cortantes, abrasivos, perfurantes, térmicos, químicos e radiantes que podem provocar lesões nas mãos ou provocar doenças por intermédio delas.	Luvas de malhas de aço, de borracha e vinil, de couro, de raspa, de lona e algodão, kevlar, etc.
Proteção membros inferiores	Contra impactos, eletricidade, metais em fusão, umidade, produtos químicos, objetos cortantes ou pontiagudos, agentes biológicos, etc.	Sapatos de segurança, perneiras, botas (com biqueiras de aço, isolantes, etc., fabricados em couro, lona, borracha, etc.).

Fonte: Elaborado pelos autores conforme NR 06 (MTE, 2016b)

Riscos físicos

No dado ambiente de trabalho, o ruído constitui-se o agente nocivo mais preocupante quanto aos riscos físicos. Não se limita apenas às lesões do aparelho auditivo, mas também provocando muitos efeitos diretos no trabalho, como problemas na comunicação, baixa concentração e rendimento, levando ao desconforto e cansaço, podendo ocasionar outros tipos de acidentes.

Sendo a marcenaria um ambiente extremamente ruidoso, realizaram-se medições para saber quais os níveis de ruído em que os trabalhadores estão expostos. Como resultado, obteve-se o valor de 82 dB(A) para a máquina de plaina desengrossadeira quando ligada, sendo que em operação há o aumento para 95 dB(A). Já para a plaina desempenadeira os valores foram de 84 dB(A) quando ligada e 92 dB(A) quando em uso.

De acordo com a NR 15 (MTE, 2016c) um ruído de 85 dB(A) (decibéis, medidos na escala A do aparelho medidor da pressão sonora) é tido como prejudicial, sendo permitida uma exposição máxima de 8 horas de trabalho por dia. Acima desse nível, os trabalhadores passam a ser prejudicados, pois surgem riscos à saúde. Níveis acima de 65 dB(A) podem contribuir para aumentar os casos de insônia, estresse e irritabilidade. Níveis acima de 75 dB(A) causam problemas de surdez e hipertensão arterial. A comunicação verbal é dificultada em níveis superiores a 90 dB(A) (BASTOS *et al.*, 2010).

Propostas:

- i) Usar painel de lã de vidro em todas as paredes como forma de absorvente sonoro, sendo importante na correção e atenuação acústica do ambiente. Além das vantagens acústicas, o painel de lã de vidro é de fácil instalação, não propaga chamas, não absorve umidade e possui boa durabilidade;
- ii) Manter as engrenagens e partes móveis bem lubrificadas;
- iii) Não utilizar correias velhas;
- iv) Acoplar à serra um disco de borracha no intuito de diminuir a ressonância, reduzindo assim o ruído;
- v) Em última instância, utilizar protetores auditivos.

Riscos químicos

Os riscos químicos estão relacionados aos efeitos nocivos decorrentes das interações de substâncias químicas no organismo. As consequências da exposição do trabalhador a manipular tais substâncias podem ser na forma de danos físicos, tais como queimaduras e irritação na pele e olhos, ou mesmo na forma de danos à saúde advindos da exposição aos produtos tóxicos, o que pode ocasionar vários tipos de doenças, como as respiratórias crônicas e alguns tipos de câncer (PATRIOTA e SANTOS, 2015).

Como principal fator de risco químico foi identificado que a atividade de pintura a pincel utilizando vernizes e tintas, que é desenvolvida na fase de acabamento, é qualitativamente considerada como sendo insalubre, conforme o Anexo 13 da NR15. Outro ponto referente aos agentes químicos encontrados está relacionado a poeira no ambiente, visto que pode causar asma ocupacional e dermatoses (BAGATIN e COSTA, 2006). Apesar desse agente não ser fibrogênico (capaz de causar fibrose pulmonar), pode acarretar em problemas irritativos das vias aéreas superiores.

Proposta:

- i) Utilização de máscaras com filtro de carvão ativado para proteção contra contaminantes e poeiras. Já nas atividades no acabamento, utilizar luvas de látex/ PVC, e creme de proteção para a pele.

Riscos biológicos

Os agentes biológicos são os microrganismos como bactérias, fungos, bacilos, parasitas, protozoários e os vírus que podem contaminar o trabalhador. Devido às características inerentes às atividades, deve-se tomar os devidos cuidados e

providências para a proteção dos indivíduos sujeitos aos riscos biológicos oferecidos no ambiente de trabalho.

Neste ponto, não foram encontrados riscos relativos ao processo produtivo. Contudo, há de se ressaltar que as condições sanitárias na marcenaria se apresentam inadequadas para o uso, favorecendo a proliferação de microrganismos. Há a necessidade de estabelecer uma rotina de limpeza e higienização no local, de modo a propiciar condições adequadas de uso do sanitário.

Riscos ergonômicos

Os aspectos ergonômicos contemplam desde uma inadequação antropométrica até uma análise de jornada, rotina de atividade, conforto das vestimentas e calçados e adaptação ao trabalho. Tal análise considera a relação do homem com a máquina, com o sistema, e demais elementos que interagem nesta relação.

As organizações devem se preparar para desenvolver suas atividades sem exercer pressões sobre os trabalhadores e sem reduzir sua criatividade e liberdade de expressão. Precisam garantir a integridade humana sem que possíveis mudanças no sistema de gestão levem ao absenteísmo, estresse, frustração e ansiedade, o que pode contribuir com a ocorrência de acidentes.

Os principais riscos ergonômicos identificados na marcenaria estão relacionados a posturas inadequadas e transporte carga manual. De acordo com a Tabela 2, tem-se uma inadequação antropométrica relativa ao tipo de atividade, considerando que a média da altura dos funcionários é de 1,73m e das máquinas e bancada onde são feitas as marcações e montagem de 0,80m.

Com o trabalho realizado em pé e o corpo curvado devido à altura da bancada, cria-se um desconforto postural, podendo levar a dores e moléstias na coluna e nas pernas, ou mesmo doenças mais graves, como artrose da coluna vertebral.

Tabela 3.2. Altura ideal das bancadas de trabalho, conforme característica do serviço

ALTURA DE BANCADAS DE TRABALHO	
Tarefas com empenho visual para perto	
Pessoa trabalhando de pé	de 127 a 132 cm
Pessoa trabalhando de sentada	de 92,5 a 99,5 cm
Esforço moderado ou tarefas leves, sem grande empenho visual	
Pessoa trabalhando de pé	de 109 a 118 cm
Pessoa trabalhando de sentada	de 73,5 a 78,5 cm
Esforço pesado	
Pessoa trabalhando de pé	de 90,5 a 99,5 cm

Fonte: COUTO (2002)

Propostas:

- i) Aumento da altura das máquinas e bancadas de forma que fiquem compatíveis com a altura média, além de orientar o trabalhador quanto ao procedimento adequado de fazer o transporte manual de cargas;
- ii) Programação de ginásticas laborais visando prevenir dores na coluna e possíveis doenças;
- iii) Períodos de descanso e pausas ao longo do dia.

5. Considerações finais

O emprego de recursos na melhoria das condições de trabalho e a implementação de políticas de gerenciamento de meio ambiente, saúde e segurança precisam ser considerados dentro das organizações como forma de investimento, onde a prevenção passe a ser o enfoque principal.

Prevenir-se das não conformidades do sistema pode gerar a eliminação de perdas materiais, ambientais, e de incidentes que possam provocar lesões e paradas de produção. O controle dos riscos deve seguir os padrões de qualidade mais elevados em termos técnicos e gerenciais, sendo um processo contínuo, que precisa periodicamente ser revisado.

A marcenaria estudada neste trabalho possui diversas variáveis que interferem no processo produtivo e na segurança dos seus trabalhadores. A falta de suporte técnico e de investimentos são as principais causas dos problemas relacionados à gestão do processo, qualidade do produto, meio ambiente, segurança saúde ocupacional.

Acrescenta-se que a estrutura organizacional existente determina uma especialização funcional na qual os trabalhadores não participam do planejamento e das distribuições das tarefas, fazendo com que os mesmos se sintam desprestigiados à organização, acarretando em desmotivação e queda da produtividade.

Muitas ações de melhoria das condições de trabalho estão relacionadas às boas práticas, à padronização dos procedimentos operacionais e a uma melhor organização do espaço, apresentando pouco ou nenhum custo. A mesma percepção ocorre diante da necessidade de investimento em aprimoramento, treinamento, iniciativas motivacionais e banco de ideias.

É de grande importância que a empresa se adeque às necessidades relativas à saúde e segurança do trabalho, na qual, a partir do reconhecimento dos riscos das atividades, se adeque às obrigatoriedades normativas para a elaboração de um conjunto de amplos de iniciativas que incluem o PPRA, o Programa de Controle Médico de Saúde Ocupacional – PCMSO, entre outros.

Espera-se que as propostas elencadas nesta pesquisa possam servir de subsídios para a gestão de saúde e segurança ocupacional em outros empreendimentos. Por fim, salienta-se que este estudo focou os aspectos de saúde, meio ambiente e segurança que se mostraram mais relevantes e urgentes, cabendo ainda uma série de iniciativas tanto de cumprimento às normas quanto do ponto de vista proativo.

Referências

- ARRUDA, M. B. R. **Segurança do trabalho versus trabalho em segurança: um panorama sobre os confrontos administrativos e normas correlatas**. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2013.
- ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR ISO/CIE 8995-1 - **Iluminação de ambientes de trabalho: parte 1: interior**. Rio de Janeiro: ABNT, 2013.
- BAGATIN, E.; COSTA, E., A. Doenças das vias aéreas superiores. **J Bras Pneumol**, v. 32, p.17-26, 2006.
- BASTOS, R. S.; FERNANDES, J. C.; BONFIM, G. H. C.; FERREIRA, L. I.; NEVES, A. S. **Avaliação ergonômica do nível de ruído em máquinas de marcenaria**. In: ENEGEP-2010, São Carlos/SP. XXX Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2010.
- BRANT, L. C.; MELO, M. B. Promoção da saúde e trabalho: um desafio teórico e metodológico para a saúde do trabalhador. **Revista Saúde em Debate**, v.25, n.57, p.55-62, 2001.
- COUTO, H. A. **Ergonomia Aplicada ao trabalho – conteúdo básico** - Belo Horizonte: Ergo, 2002.
- DE DEUS, A. M.; CUNHA, D. E. S. L.; MACIEL, E. M. **Estudo de Caso na Pesquisa Qualitativa em Educação: uma metodologia**. In: VI. Encontro de Pesquisa em Educação da UFPI, 2010.

FIEDLER, N.C.; VENTUROLI, F.; MINETTI, L.J.; VALE, A.T. Diagnóstico de fatores humanos e condições de trabalho em marcenarias do Distrito Federal. **Revista Floresta**, Brasília, v. 31, n.1, p.105-113, 2001.

FIEDLER N. C.; VENTUROLI F.; MINETTI L. J. Análise de fatores ambientais em marcenarias no Distrito Federal. **Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental**, v. 10, p. 679–685, 2006.

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. São Paulo: Hucitec/Abrasco, 1994.

IEMI. INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Mercado Potencial de Móveis em Geral 2014**. Acesso em 01 de agosto de 2014, disponível em: <http://www.iemi.com.br/press-release-producao-moveleira-deve-crescer-35-em-2014-aponta-iemi/>

LELIS A.T. **Biodeterioração de Madeiras em Edificações**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas. Publicação IPT 2686, 2001.

LIMA, E. G.; SILVA, D. A. Resíduos gerados em indústrias de móveis de madeira situadas no polo moveleiro de Arapongas-PR. **Revista Floresta**. v.35, n. 1, 2005.

MDIC. MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO, INDÚSTRIA E COMÉRCIO EXTERIOR. Secretaria do Desenvolvimento da Produção. **Diagnóstico da Cadeia Produtiva - Madeira e Móveis**. [S.l.]: IPT/MDIC, 2002.

MTE. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. (2016a) **Programa de prevenção de riscos ambientais – NR 9**. Acesso em 22 de janeiro de 2016, disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

MTE. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. (2016b) **Equipamento de proteção individual – EPI – NR 6**. Acesso em 05 de maio de 2016, disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

MTE. MINISTÉRIO DO TRABALHO E DO EMPREGO. (2016c) **Atividades e operações insalubres – NR 15**. Acesso em 16 de maio de 2016, disponível em: <http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras>

MORAES, A.; SOARES, C. M. **Ergonomia: conceitos e aplicações**. 2 ed. Rio de Janeiro: 2AB. 136p, 2000.

NAHUZ, M. A. R. O Sistema ISO 14000 e a Certificação Ambiental. **Revista de Administração de Empresas**. São Paulo. FGV. n.35, 2005.

OLIVEIRA, F. R.; GAMEIRO, D. H. Avaliação de oportunidades de Produção Mais Limpa em uma indústria moveleira. **S & G - Sistemas & Gestão**, v. 9, p. 290-297, 2014.

PATRIOTA, M. M. S.; SANTOS, M. B. G. Produtos químicos e os efeitos na saúde do trabalhador – Um estudo de caso em serviços de limpeza e conservação. In: ENEGEP-2015., Fortaleza/CE. XXXV Encontro Nacional de Engenharia de Produção, 2015.

SANTOS M.; ALMEIDA A., Principais riscos e fatores de risco ocupacionais dos marceneiros e carpinteiros, bem como doenças profissionais associadas e medidas de proteção recomendadas. **Revista Portuguesa de Saúde Ocupacional**, v. 1, p. 1-10, 2016.

SILVA, C.M.; SILVA J. C.; SOUZA A. P. **Gerenciamento Integrado dos Resíduos Sólidos do Polo Moveleiro de Ubá**, Universidade Federal de Viçosa, 2007.

SLACK, N.; CHAMBERS, S.; JOHNSTON, R. **Operations Management**. 5. ed. Harlow: FT Prentice Hall, 2007

STAKE, R. E. **Investigación com estudio de casos**. Madrid: Morata, 1999.

SILVEIRA, R. I. M.; MARTINS, R. S.; LOPES, A. L. M. ; ALVES, A. F. Antecedentes da Eficiência Produtiva na Manufatura: Experiências do Setor Moveleiro Brasileiro. **Revista de Ciências da Administração**, v. 15, n.37, 2013.

SEBRAE. **Estudo para fortalecimento do setor madeireiro**, 2000.

VITORELI, G. A.; CARPINETTI, C.R.; GEROLAMO, M. C.; SORDAN, J. E.; LIMA, C. H. B. Estruturação de um programa de qualificação em gestão da qualidade, segurança e saúde ocupacional: apresentação dos resultados de uma aplicação piloto realizada no aglomerado

metalomecânico de Sertãozinho - São Paulo. **Gestão & Produção** (UFSCAR. Impresso), v. 19, p. 689-704, 2012.

A FALSA METÁFORA DOS PLÁSTICOS BIODEGRADÁVEIS E VERDES

Marcos Roberto Kiss

Professor Senac Tito, Mestre em Saúde Ambiental da FMU-SP
(makiss10@gmail.com)

Gabrielle Kölling

Professora do Mestrado em Saúde Ambiental da FMU-SP, Doutoranda em Direito Público (Unisinus)
(koll.gabrielle@gmail.com)

Resumo

Os polímeros *biodegradáveis* ou *verdes* têm sua origem em uma matriz vegetal como cana-de-açúcar, milho e amidos. Essas matrizes substituem a nafta vinda do petróleo. Em princípio, parece ser algo excelente para o meio ambiente, mas o petróleo é extraído em larga escala para suprir o mercado de combustíveis para veículos e para aquecimento residencial. A produção de plásticos verdes traz a perda de solo, assim como toda produção agrícola de monocultura, na extração do insumo, o uso intensivo de fertilizantes minerais e ainda concorre com a produção de alimentos. A matriz verde não confere ao polímero gerado biodegradação, degradação ou contaminações diferentes dos polímeros originados pela nafta do petróleo. A indústria de embalagens, interessada em reverter o quadro de impactos ambientais negativos, causado pelos materiais poliméricos, investe em tecnologia de plásticos verdes, oxiplásticos e biomateriais poliméricos. A grande maioria destes novos plásticos não demonstra redução nos impactos ambientais, além de ter um custo elevado. Apesar de estes materiais terem origem vegetal, seus impactos são os mesmos dos plásticos advindos da nafta: mesmo os polímeros biodegradáveis têm prazo de degradação de seis meses a um ano, potencializando os danos ambientais. Conclui-se que os polímeros verdes impactam o meio ambiente, não são uma solução aos problemas de degradação ambiental e contém o potencial de aumentar os impactos ambientais. Sendo assim, o objetivo do artigo é analisar os biopolímeros e seus impactos.

Palavras-chave: plásticos verdes; polímeros *biodegradáveis*; sustentabilidade; meio ambiente.

ABSTRACT

Biodegradable or green polymers originate from a plant matrix such as sugarcane, corn and starches, these matrices replace naphtha from petroleum. At first it seems to be excellent for the environment, but oil is extracted on a large scale to supply the vehicle fuel and residential heating market. The production of green plastics brings the loss of soil, the intensive use of mineral fertilizers and still competes with food production. The green matrix-generated polymer does not give it biogradation, degradation or different contaminations of the polymers originating from petroleum naphtha. The packaging industry, interested in reversing the negative environmental impact caused by polymer materials, invests in technology of green plastics, oxyplastics and polymeric biomaterials. The clear majority of these new plastics do not show a reduction in environmental impacts, besides having a high cost. Although these materials are of vegetable origin, their impacts are the same as those of naphtha plastics. Even the biodegradable polymers have a term of six months to a year, enhancing environmental

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-SemDerivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

damage. It is concluded that green polymers impact the environment, are not a solution to problems of environmental degradation and contain the potential to increase environmental impacts. Therefore, the objective of the article is to analyze biopolymers and their impacts.

Keywords: green plastics; biodegradable polymers; sustainability; environment.

1. INTRODUÇÃO

A necessidade de mitigar os impactos ambientais negativos nos processos produtivos faz com que muitas empresas adotem diversas ferramentas para o desenvolvimento de produtos com viés ambiental.

As embalagens também são consideradas produtos; o crescimento do mercado e do consumo de produtos tem acarretado impactos ambientais oriundos da produção das embalagens utilizadas para acondicionamento dos produtos. Os plásticos verdes e biopolímeros são excelentes materiais, mas seus impactos não diferem dos polímeros feitos a partir da nafta, e seus efeitos nocivos tendem a impactar o meio ambiente, caso não ocorram a segregação e a destinação adequadas.

Toda a atividade antrópica gera impactos ambientais. Buscamos conhecer os plásticos verdes e os biopolímeros em que a indústria de plásticos vem investindo com o intuito de mitigar os impactos ambientais que seus resíduos provocam. Pesquisamos seus aspectos legais e seu potencial poluidor.

Assim, a pretensão do artigo é analisar e pesquisar os impactos provocados pelo uso de plásticos verdes e dos biopolímeros, procurando conhecer se estes novos materiais cumprem o objetivo de mitigar os impactos ambientais típicos dos polímeros à base de nafta. O direito de ser informado que cabe ao consumidor precisa ser atendido de forma clara, para que ele opte pelo material que lhe convir, conhecendo seus impactos ambientais, com vistas a “desmistificar” a falácia ou a metáfora dos plásticos verdes.

No que concerne à metodologia, destaca-se que o artigo é uma revisão de literatura. Para isso, utilizou base de dados eletrônica na internet, com pesquisa em periódicos e artigos de grande relevância no cenário acadêmico, tais como Scielo, Lilac's e a plataforma da Universidade de São Paulo - USP.

2. CONTEXTUALIZAÇÃO DOS PLÁSTICOS VERDES E DOS BIODEGRADÁVEIS

Os impactos ambientais dos plásticos são observados em qualquer imagem de aterros, deposição de lixo ou mesmo em rios poluídos, devido as suas propriedades físicas e tempo de decomposição. O uso de oxiplásticos reduz esta percepção visual, mas potencializa os danos causados pelos plásticos. Uma sacola de mercado de polipropileno carrega o risco de sufocar um animal, mas ela, fragmentada, tem o potencial risco de contaminar várias dezenas de animais, além de liberar com maior velocidade os metais tóxicos e moléculas aromáticas, gerando impactos negativos nunca antes imaginados (FORLIM, 2002).

Apesar de levar a fama de poluidor, o plástico tem características até então insubstituíveis, como peso molecular, resistência, dureza e, principalmente, ser reciclável. O problema não está no material, e sim no comportamento do consumidor em não o destinar adequadamente. Os plásticos verdes, biopolímeros, fotopolímeros e oxipolímeros sofrem da mesma inadequação de resíduos: ao serem descartados na natureza, provocam danos. Conforme o documento preliminar do Plano Nacional dos Resíduos Sólidos, do total dos resíduos sólidos urbanos coletados no Brasil, 13,5% corresponde aos plásticos, causando impactos ambientais negativos (BRASIL, 2012).

Desde os primeiros plásticos sintetizados pela indústria até o grande acúmulo de embalagens nos aterros, fomos informados sobre a segregação correta deste material a ser destinado para a reciclagem. Agora, com plásticos biodegradáveis, a dúvida retorna sobre qual deve ser a separação dessas embalagens; se podemos descartar junto com os resíduos orgânicos ou junto com os plásticos em geral (CAPUTO, 2009).

Produtos feitos à base de plásticos são utilizados em quase todos os setores da economia, como construção civil, telecomunicações, eletroeletrônica, automobilística, médico-hospitalar e energia. Atualmente, o setor de embalagens é o que mais se destaca, consumindo aproximadamente 30% das resinas plásticas. Apesar dos visíveis benefícios do uso de produtos plásticos, uma das críticas em relação a sua utilização é a sua baixíssima biodegradabilidade ambiental. Os resíduos plásticos pós-consumo são fontes de poluição que causam inúmeros problemas ambientais e também representam um desafio para o gerenciamento do lixo em grandes cidades. A reciclagem de resíduos permitiria, em parte, solucionar o problema ambiental, bem como possibilitaria o desenvolvimento de novos materiais a partir de blendas e compósitos que agregam maior valor ao material pós-consumo (PINHO, 2013).

A utilização desses novos materiais poliméricos demanda uma caracterização dos riscos que eles podem promover. A ponderação jurídica acerca dos riscos ambientais ilícitos capacita o Direito a impor medidas preventivas (obrigações de fazer ou não fazer) a todos aqueles que estejam produzindo riscos e perigos intoleráveis. A ênfase preventiva do Direito Ambiental é potencializada pela formação de uma comunicação jurídica do risco, condensada na avaliação da probabilidade (CARVALHO, 2006).

Os polímeros sintéticos "ditos" biodegradáveis contêm, em sua cadeia molecular, grupos químicos hidrolisáveis. Eles são, então, biofragmentáveis, mas, salvo aqueles com cadeia molecular curta, as pequenas cadeias obtidas são diferentemente bioassimiláveis. As dificuldades e o tempo de fragmentação são dependentes da formulação. O polímero aditivado com polímeros naturais, com a incorporação de um amido de milho altamente disperso, servirá, essencialmente, para responder às preocupações de "eco-marketing" porque, apesar dos efeitos anunciados, a eficácia é praticamente nula. Somente uma pequena parte das partículas de amido estará acessível à biodegradação. A maior parte do amido estará presa dentro da massa polimérica (WIEBECK, 2002).

Parcialmente degradáveis ou fragmentáveis, eles não apresentam, a não ser em raras exceções, função outra que não seja a exploração publicitária pseudoecológica. O cúmulo da exploração abusiva das pretendidas qualidades ecológicas se encontra em certas aplicações dos polímeros hidrosolúveis. Algumas vezes, eles são apresentados como tendo a propriedade de "desaparecer" na água, sendo, assim, qualificados como biodegradáveis. É, portanto, uma qualificação imprópria: esses produtos não são biodegradáveis; são simplesmente solúveis. Na realidade, a dissolução somente aumenta os teores de DQO – demanda química de oxigênio – e DBO – demanda bioquímica de oxigênio –, parâmetros essenciais na medição da poluição das águas (FALCONE, 2007).

Toneladas de materiais plásticos são consumidas a cada ano, em todo o mundo, nas aplicações nas quais são impostas características essenciais de segurança que tornam muito difícil o uso dos biodegradáveis (construção, transportes, etc.). É, portanto, totalmente ilusório imaginar que os biodegradáveis podem vir a substituir os materiais plásticos não degradáveis na totalidade de suas aplicações (TEIXEIRA, 2007).

Os polímeros biodegradáveis sofrem mais facilmente a ação de microrganismos, por conterem funções orgânicas em suas cadeias alifáticas: carbonilas, hidroxilas, ésteres, hidroxiácidos, mais suscetíveis à ação enzimática, entretanto, é importante lembrar que esta ação depende de fatores, tais como tipos de microrganismos presentes, condições do meio e propriedades do polímero (FRANCHETTI, 2006)

3. NOTAS ACERCA DA RESPONSABILIDADE EM RELAÇÃO AOS PLÁSTICOS E AO MEIO AMBIENTE

Os custos destes plásticos com viés ambiental são maiores. O mercado investe neles acreditando que está contribuindo com a redução dos impactos ambientais; cabe à indústria comprovar estes benefícios ou arcar com as responsabilidades legais vigentes (TOMEI, 1984).

No contexto dos plásticos verdes ou da metáfora do verde, há que se analisar, ainda, a responsabilidade que a sociedade tem, considerando que o meio ambiente é um direito de todos, inclusive das futuras gerações. O direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado foi consagrado na Constituição Federal de 1988 (BRASIL, 1988). O direito demanda, também, dever! Esses deveres são traduzidos a partir da ideia de responsabilidade, que é, por sua vez, de cunho moral e jurídico. Ao redor dessas duas searas, temos a constituição do tecido dos direitos e obrigações que regulamentam a vida social humana.

A relação com a moral está justamente no fato de a vida social humana contemplar atos, e é justamente nesses atos que temos a expressão do indivíduo, ou seja, o agente moral, dotado de racionalidade e autonomia. Nessa perspectiva, a responsabilidade constitui, na verdade, esse eixo de relações que se estabelece dentro do binômio possibilidade/previsibilidade. A responsabilidade é uma categoria de imputação a atos individuais. Assim, a responsabilidade tem um viés moral, um jurídico e outro coletivo. (BARRETO, 2009) Nesse contexto moral, jurídico e coletivo, reside, também, o meio ambiente e, conseqüentemente, os plásticos.

Como é inerente que o homem, dada a sua própria condição de homem, conviva com o seu semelhante, a noção de responsabilidade atrela-se aos deveres mútuos entre esses homens, ou seja, uma norma jurídica com a função de regular esses deveres. A responsabilidade passa a ser vinculada à imputabilidade (BARRETO, 2009).

Mesmo tratando a responsabilidade no seu cunho jurídico, não podemos olvidar que ela tem um viés filosófico, e é na filosofia que algumas indagações acerca do tema surgem, tais como a unidade da pessoa, a identidade pessoal, os limites da autonomia racional e a questão da alteridade. Ou seja, o problema filosófico da responsabilidade reside nos seus fundamentos, de modo que cumpre à filosofia verificar se os critérios sobre os quais se atribui a responsabilidade são critérios morais ou não, ou seja, se há uma racionalidade que os fundamente (BARRETO, 2009).

O processo de positivação legal dos critérios de responsabilização fez alusão às responsabilidades civil, penal e coletiva, mas o problema filosófico persiste. Segundo Kant, a responsabilidade poderá ser determinada em função da imputação de um ato a um indivíduo, ou seja, ocorre imputação quando esse sujeito é considerado como a causa livre de uma ação. Obviamente que a atribuição de uma imputação jurídica gerará efeitos jurídicos previstos em lei. Assim, Kant nos diz que essa ideia de responsabilidade moral está vinculada ao princípio do querer, que é bom em si próprio. Em contrapartida, a ideia de responsabilidade jurídica implica, necessariamente, a qualificação de um ato que será interpretado conforme o estabelecido ou não na lei (BARRETO, 2009). Assim, o que queremos em relação ao consumo dos plásticos verdes? Quais são as responsabilidades que nós temos, inclusive nas perspectivas moral e individual, em relação ao meio ambiente?

4. ANÁLISE DA SITUAÇÃO DOS PLÁSTICOS VERDES E BIOPOLÍMEROS

Não alimentar a ilusão de que plástico verde é uma solução adequada ao meio ambiente. Sensibilizar para o entendimento de que os impactos vão muito além do resíduo sólido urbano. Devemos atinar um gerenciamento integrado para a reciclagem dos plásticos, mesmo para os plásticos verdes. Os biopolímeros constituem uma nova classe de materiais, ampla e diversificada, com diferentes aplicações; no caso de fio para sutura

na medicina, suas propriedades de bioabsorção são muito bem quistas. As características de biodegradabilidade e biocompatibilidade (imunocompatibilidade e hematocompatibilidade) definem as aplicações em engenharia tecidual e em biomedicina. Nos outros casos, como embalagens, não têm demonstrado serem superiores aos polímeros tradicionais, além de terem um custo mais elevado na comparação (BORGES, 2004).

A aplicação de biopolímeros realmente biodegradáveis pode repercutir de modo positivo com relação à preservação do meio ambiente. Contudo, é necessária uma consciência ecologicamente correta, pois, mesmo sendo biodegradáveis, estes materiais levam de 3 meses a 1 ano para completa degradação em contato com o ambiente natural e devem ser dispostos corretamente (SANTOS, 2001).

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Nosso modo de vida está baseado nos plásticos. Este material compõe a maioria das coisas que possuímos e das que desejamos comprar. As embalagens são, em sua grande maioria, de base polimérica, e os descartes destes materiais provocam grande impacto ambiental negativo. O investimento das indústrias em produzir um polímero que tenha origem vegetal e ou que seja biodegradável atende a um apelo da sociedade por um modo de vida menos impactante ao meio ambiente.

Os plásticos verdes, ou seja, feitos a partir de uma matriz vegetal, têm as mesmas características químicas dos plásticos advindos do petróleo, e sua decomposição é estimada em centenas de anos. Apesar de fixar carbono em sua estrutura, ainda que a indústria deixasse de produzir polímeros à base de nafta, não reduziria a extração de petróleo.

Os polímeros biodegradáveis, quando realmente têm esta propriedade, são solúveis, contaminando os cursos de água com a elevação de DBO e DQO, além da contaminação por metais tóxicos. Os fragmentáveis potencializam a contaminação e o envenenamento acidental de animais.

É dever do Estado e responsabilidade legal do produtor certificar que estes materiais não causam dano ao ambiente e também exercer o direito de informar o consumidor final sobre seus impactos e também sobre a melhor maneira de descartar esses resíduos. Todavia, não podemos obliterar que a responsabilidade também é de cada indivíduo, em uma perspectiva coletiva e moral. Em função do direito ao meio ambiente, temos, também, o dever de preservação, no que concerne ao "agora" e ao "futuro", tendo em vista que as futuras gerações têm, conforme texto constitucional, direito ao meio ambiente ecologicamente equilibrado.

REFERÊNCIAS

BARRETO, Vicente de Paulo. **Bioética, Responsabilidade e Sociedade Tecnocientífica**. In: MARTINS COSTA, Judith; MÖLLER, Letícia Ludwig (orgs). Bioética e Responsabilidade. Rio de Janeiro: Forense, 2009.

BORGES, Caroline Dellinghausen, et al. **Caracterização de biopolímeros. Ciência. Tecnologia. Alimentos**, Campinas, v. 24, n. 3, p. 327-332, 2004. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-20612004000300004&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 13 dezembro 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-20612004000300004>.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. Sistema Nacional de Informações sobre a Gestão dos Resíduos Sólidos – SINIR. (2012). **Plano Nacional de Resíduos Sólidos**.

http://www.sinir.gov.br/documents/10180/12308/PNRS_Revisao_Decreto_280812.pdf/e183f0e7-5255-4544-b9fd-15fc779a3657.

CARVALHO, Délton Winter de. **Dano ambiental futuro**: da assimilação dos riscos ecológicos pelo direito à formação de vínculos jurídicos integracionais. 2006 <http://www.repositorio.jesuita.org.br/handle/UNISINOS/2470>, p.50-5.

CAPUTO, Ana Cláudia. A industrialização brasileira nos anos de 1950: uma análise da instrução 113 da SUMOC. **Estud. Econ.**, São Paulo, v. 39, n. 3, p. 513-538, 2009. Disponível em <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0101-41612009000300003&lng=pt&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.1590/S0101-41612009000300003>.

FALCONE, Daniele M. B. Panorama setorial e perspectivas na área de polímeros biodegradáveis. **Polímeros**, São Carlos, v. 17, n. 1, p. 5-9, 2007. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-4282007000100005&lng=pt&nrm=iso>. <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282007000100005>.

FRANCHETTI, Sandra Mara Martins et al. Polímeros biodegradáveis - uma solução parcial para diminuir a quantidade dos resíduos plásticos. *Quím. Nova*. 2006, vol.29, n.4, pp.811-816. ISSN 0100-4042. <http://dx.doi.org/10.1590/S0100-40422006000400031>.

FORLIN, Flávio J. Considerações Sobre a Reciclagem de Embalagens Plásticas. **Polímeros**, São Carlos, v. 12, n. 1, p. 1-10, 2002. http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S010414282002000100006&lng=pt&nrm=iso <http://dx.doi.org/10.1590/S0104-14282002000100006>.

PINHO, Eleandro B., et al. Análise técnica do uso de resíduos de poliéster na indústria têxtil. **Polímeros**. p. 67-74.2013, vol.23, n.5, pp.654-660. 2013. ISSN 0104-1428. <http://dx.doi.org/10.4322/polimeros.2013.059>.

SANTOS, Adalto de Oliveira, et al. Contabilidade ambiental: um estudo sobre sua aplicabilidade em empresas Brasileiras. *Rev. Contabil Financeira*. São Paulo, v. 12, n. 27, p. 89-99, 2001. <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1519-70772001000300007&lng=en&nrm=iso>. Acessado em 13 dezembro 2017. <http://dx.doi.org/10.1590/S1519-70772001000300007>.

TEIXEIRA, E. M. - "**Utilização de amido de mandioca na preparação de novos materiais termoplásticos**", Tese de Doutorado, Universidade de São Paulo, Instituto de Química de São Carlos, Brasil, p.56-61, 2007.

TOMEI, Patrícia A. Responsabilidade social de empresas: análise qualitativa da opinião do empresariado nacional. *Revista administração empresarial* 1984, vol.24, n.4, pp.189-202. ISSN 0034-7590. <http://dx.doi.org/10.1590/S0034-75901984000400029>.

WIEBECK, Hélio. Caracterização de Polímeros e Determinação de Constituintes Inorgânicos em Embalagens Plásticas Metalizadas. **Polímeros** 2002. vol. 12, http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0104-14282002000300014&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0104-1428.

Elaboração de um organograma documental básico para aprovação de projetos de saneamento em um loteamento residencial do município de Videira, Santa Catarina, Brasil.

Elaboration of a basic documental organization chart for sanitation project approval in a residential subdivision of the municipality of Videira, Santa Catarina, Brazil.

João Carlos Puelacher¹, Roger Francisco Ferreira de Campos², Tiago Borga³

¹ Engenheiro Civil pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP e Engenheiro Sanitarista Ambiental pela Universidade do Oeste de Santa Catarina – UNOESC.

² Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

³ Mestrando em Desenvolvimento e Sociedade pela Universidade AltoVale do Rio do Peixe – UNIARP, docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.
{engenheirojcp@hotmail.com; roger@uniarp.edu.br; tiagoborga@gmail.com}

Resumo

O saneamento básico está diretamente ligado a saúde e qualidade de vida da população, seus projetos e obras constituem parte importante dos processos de licenciamento ambiental. Portanto, este trabalho tem como objetivo apresentar um roteiro, através de um organograma, para aprovação dos projetos de saneamento básico em loteamento, envolvendo o sistema de distribuição de água, sistema de drenagem das águas pluviais e soluções para esgoto doméstico, para tal finalidade foram realizados estudos baseados no município de Videira/SC. Para tanto foi desenvolvida pesquisa bibliográfica, levantando normas regulamentadoras, bem como leis e demais diretrizes envolvendo desde a confecção dos projetos até sua aprovação e desfecho. Visa-se fomentar profissionais da área, dando uma visão norteadora, e criando um procedimento a ser seguido para que o engenheiro possa ter mais segurança na aprovação dos projetos e respectiva documentação necessária aos processos.

Palavras-chaves: Saneamento Básico, Licenciamento, Loteamento.

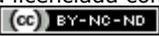
Abstract

Basic sanitation is directly linked to the health and quality of life of the population, its projects and works are an important part of environmental licensing processes. Therefore, this work aims to present a roadmap, through an organizational chart, for the approval of basic

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

sanitation projects in subdivision, involving the water distribution system, rainwater drainage system and solutions for domestic sewage. Studies based on the municipality of Videira/SC. For this, a bibliographical research was developed, raising regulatory norms, as well as laws and other guidelines involving from the preparation of the projects until its approval and outcome. It aims to encourage professionals in the field, giving a guiding vision, and creating a procedure to be followed so that the engineer can have more safety in the approval of the projects and the necessary documentation for the processes.

Key words: Basic Sanitation, Licensing, Allotment

1. Introdução

A maioria dos problemas sanitários que afetam a população mundial está intrinsecamente relacionada com o meio ambiente (AISSE, 2000). Um exemplo disso é a diarreia que, com mais de quatro bilhões de casos por ano, é uma das doenças que mais aflige a humanidade, já que causa 30% das mortes de crianças com menos de um ano de idade. Entre as causas dessa doença destacam-se as condições inadequadas de saneamento (HELLER, 1998; BRAGA et al., 2005), outra questão relevante que está ligada ao saneamento básico é o licenciamento ambiental (IORIO, 2009), onde os projetos e obras constituem parte importante para obtenção das licenças ambientais do empreendimento, fazendo parte do processo de documentação dos loteamentos, além de serem requisitados com sua aprovação pelas concessionárias e autarquias fornecedoras dos serviços (FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTE, 2010).

O saneamento é o controle de todos os fatores do meio físico do homem, que exercem ou podem exercer efeitos nocivos sobre o bem-estar físico, mental e social (SANT'ANNA- JUNIOR, 2010; BUENO, 2013). De outra forma, pode-se dizer que saneamento caracteriza o conjunto de ações socioeconômicas que tem por objetivo alcançar salubridade ambiental (RIBEIRO et al., 2010; METCALF; EDDY, 2015). Os projetos de saneamento como promoção têm por objetivo contribuir para que ocorram mudanças na situação dos indivíduos e de seu ambiente por meio da implantação dos sistemas de engenharia. Contudo, sua preocupação essencial não é propriamente a implantação desses sistemas, mas sim, o seu funcionamento pleno, duradouro e acessível a toda a população, irrestritamente (SOARES; BERNARDES; NETO, 2002).

Para Souza (1997) é fundamental a atuação de engenheiros, tanto no estudo como na concepção dos projetos e também na implantação das obras, garantindo assim que os padrões de projetos sejam seguidos, obtendo bom funcionamento dos sistemas e preservando a qualidade dos serviços, garantindo o atendimento à população. O morador urbano, independentemente de sua classe social, anseia viver em um ambiente saudável que apresente as boas condições para vida, ou seja, que favoreça a qualidade de vida: ar puro, desprovido de poluição, água pura em abundância entre outras características tidas como essenciais à saúde e bem-estar (MUCELIN et al., 2008), assim, se faz necessário o desenvolvimento do processo de licenciamento ambiental que busque efetivar meios sustentáveis que busque a minimização os impactos ambientais na área urbana e rural, através de práticas sustentáveis – saneamento básico (BRAGA et al., 2005).

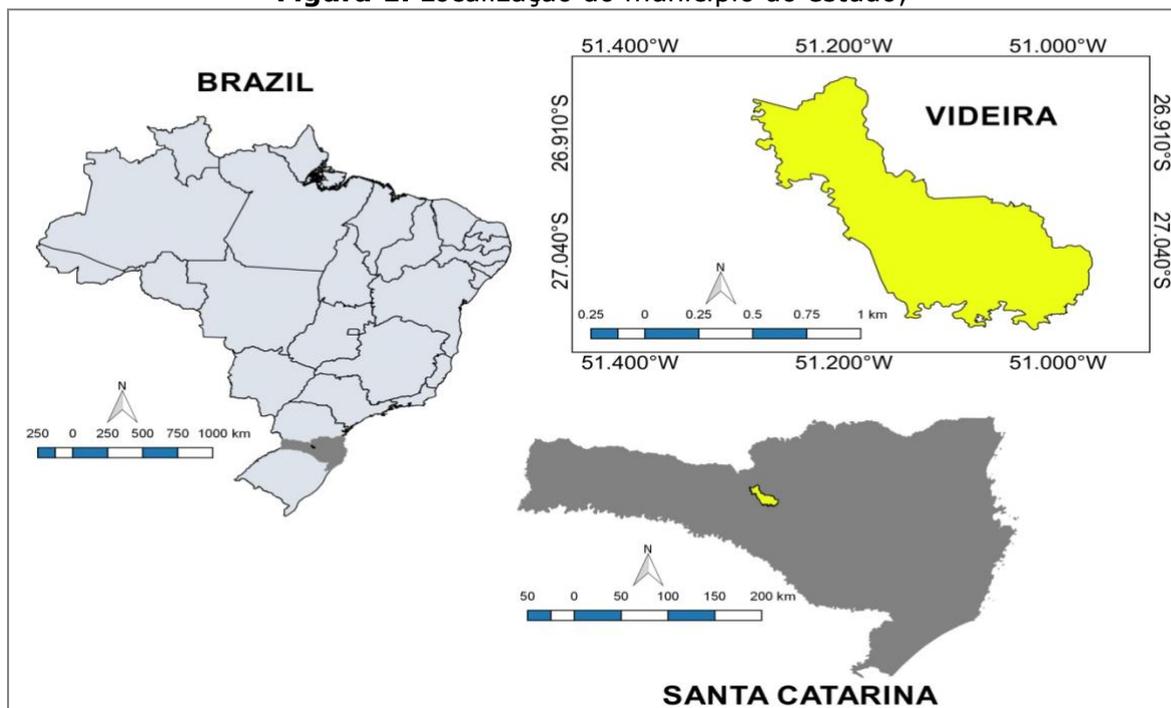
Dentre tudo isso, o presente trabalho tem como objetivo desenvolver um procedimento padrão, através de organogramas, para aprovação dos projetos

relacionados às obras de saneamento básico, água, esgoto e drenagem em um loteamento residencial na cidade de Videira do estado de Santa Catarina.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi direcionando para o processo de aprovação de projetos de saneamento de loteamentos residências unifamiliares e multifamiliares conforme as diretrizes municipais, estaduais e nacionais - para o município de Videira, localizado no estado de Santa Catarina, conforme Figura 1.

Figura 1. Localização do município do estudo;



Diante da pesquisa bibliográfica desenvolvida, foi proposto um roteiro com organogramas, no que diz respeito aos processos envolvidos no saneamento básico do loteamento, onde foram utilizadas como parâmetros para elaboração, as seguintes leis e normativas:

Tabela 1. Variáveis técnicas para o estudo;

Legislação	Preconização	Referência
FATMA – IN 03	Parcelamento do solo urbano: Loteamento ou condomínio horizontal unifamiliar	(FATMA, 2010)
NBR 7229	Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos	(ABNT, 1993)
NBR 9649	Projeto de Rede Coletora de Esgoto Sanitário	(ABNT, 1986)
NBR 13969	Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação	(ABNT, 1997)
NBR 12218	Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público	(ABNT, 1994)
Lei 6.766	Lei do Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providências	(BRASIL, 1979)
Lei 6.063	Lei do Parcelamento do Solo Urbano e dá	(SANTA CATARINA, 1982)

Outras Providências		
LECO 62	Lei das Normas Relativas ao Parcelamento do Solo Urbano do Município de Videira, Estado de Santa Catarina, e dá outras providências.	(VIDEIRA, 2008)

3. Resultados e Discussões

3.1. Procedimentos Para Projetos de Rede de Distribuição de Água

Referente a este tipo de projeto, a primeira providência a ser tomada pelo responsável pela regularização é o encaminhamento dos projetos junto a CASAN (Companhia Catarinense de Águas e Saneamento), onde os projetos serão analisados pelo corpo técnico e cumprindo as diretrizes serão aprovados pelo órgão. Posteriormente a aprovação os projetos seguirão para a FATMA (Fundação Estadual do Meio Ambiente), que possui escritório na cidade de Caçador/SC, onde os projetos serão analisados e aprovados, sendo expedida a LAP (Licença Ambiental Prévia). Dando sequência aos procedimentos os projetos seguirão para a prefeitura municipal, onde novamente serão aprovados pelo quadro técnico e será expedido o alvará, que é a autorização municipal para que as obras possam ser implantadas. Como última etapa neste quesito, o alvará municipal deverá seguir para a FATMA onde será expedida a LAI (Licença Ambiental de Instalação), autorizando assim o início das obras. Para o abastecimento de água em loteamentos caberá a CASAN, além da aprovação do projeto, a vistoria das obras das respectivas redes e demais componentes dos sistemas a serem implantados.

3.2. Procedimentos para Projetos de Rede de Esgoto

No município de Videira, as redes de esgoto ainda não são realidade, mesmo assim, os procedimentos serão elencados para situações futuras, onde serão exigidos tais projetos. Primeiramente o responsável pela regularização encaminha os projetos para análise junto a CASAN, onde os projetos serão analisados pelo corpo técnico e cumprindo as diretrizes serão aprovados pelo órgão. Posteriormente a aprovação os projetos seguirão para a FATMA, que possui escritório na cidade de Caçador/SC, onde os projetos serão analisados e aprovados, sendo expedida a LAP (Licença Ambiental Prévia). Dando sequência aos procedimentos os projetos seguirão para a prefeitura municipal, onde novamente serão aprovados pelo quadro técnico e será expedido o alvará, que é a autorização municipal para que as obras possam ser implantadas. Como última etapa neste quesito, o alvará municipal deverá seguir para a FATMA onde será expedida a LAI (Licença Ambiental de Instalação), autorizando assim o início das obras.

3.3. Sistema de Tratamento de Esgoto Individual

O sistema de tratamento individualizado de esgoto é o utilizado no município de Videira e consiste basicamente em fossa séptica, filtro anaeróbio de fluxo ascendente e sumidouro, todos os equipamentos devem ser estanques, garantindo a preservação do solo, visando a não contaminação pelo esgoto sanitário. A aprovação desse sistema se dá seguindo diretamente para FATMA, compondo os itens da LAP, e depois seguindo para prefeitura juntando o processo para obtenção do alvará municipal, e finalmente seguindo para FATMA novamente, sendo requisito para expedição da LAI.

3.4. Rede de Microdrenagem Pluvial

Os projetos de drenagem seguirão primeiramente para prefeitura, sendo analisados pelo quadro técnico e aprovados se cumprirem os requisitos, em sequência seguirão para a FATMA compondo o processo para obtenção da LAP, retornando para prefeitura juntamente com os outros projetos para obtenção do alvará municipal, por último o alvará volta a FATMA para expedição da LAI, autorizando assim a implantação da rede.

3.5. Vistoria e Obtenção da Licença Ambiental de Operação

Findadas as obras o empreendedor irá solicitar ao órgão ambiental que faça vistoria "*in loco*", para obtenção da Licença Ambiental de Operação (LAO). Neste caso a LAO irá atestar a conclusão das obras somente. Nesta vistoria o agente fiscalizador irá determinar se as obras ocorreram de acordo com os projetos aprovados anteriormente, sendo comprovada que as obras estão em conformidade a LAO será expedida.

3.6. Vistoria Municipal

Com a obtenção da LAO, será solicitada a prefeitura municipal que também faça vistoria no local do empreendimento, após a vistoria e aprovação, a prefeitura irá emitir o decreto municipal que comprova a aprovação da implantação do loteamento pelo município.

3.7. Processo de Vistoria da Fundação do Meio Ambiente

Segundo a Fundação do Meio Ambiente (2010) o processo de solicitação de licença ambiental se inicia no cadastro da empresa no Sistema Informações Ambientais - SinFAT, onde o técnico irá receber a Instrução Normativa da atividade, o Documento de Arrecadação de Receitas Estaduais - DARE (Taxa de solicitação) e Formulário de Caracterização do Empreendimento - FCEI (Formulário com dados técnico do empreendimento).

Após o pagamento da DARE é liberado para realizar o envio dos documentos para a FATMA, sendo 17 (dezessete) documentos para o processo de solicitação da LAP, 30 (trinta) documentos para o processo de solicitação de LAI e 12 (doze) documentos para o processo de solicitação da LAO, no entanto, alguns documentos não são necessários a entrega, estando relacionado com o tipo de atividade e grau de impacto ambiental do processo de licenciamento referente ao processo de parcelamento do solo. Após o envio dos documentos, a FATMA tem o prazo de 90 (noventa) dias para efetuar a vistoria e emitir o relatório técnico da vistoria e licença ambiental, essa questão está relacionada com a demanda de trabalho entregue aos técnicos da FATMA, como também ao desenvolvimento do projeto, visto que um projeto com todas as questões solicitadas na IN 03 da FATMA evita o envio de notificações e consequentemente retardamento na geração das Licenças Ambientais.

Após a emissão da LAO o empreendimento tem a licença estabelecida por 4 (quatro) anos, devendo obter a renovação de 4 (quatro) em 4 (quatro) anos, no entanto, esse valor pode ser aumentado ou diminuído conforme valor estipulado na DARE mediante envio de ofício para a FATMA, sendo 8 (oito) documentos necessários na etapa de renovação da LAO. O processo de análise e desenvolvimento do presente estudo pode

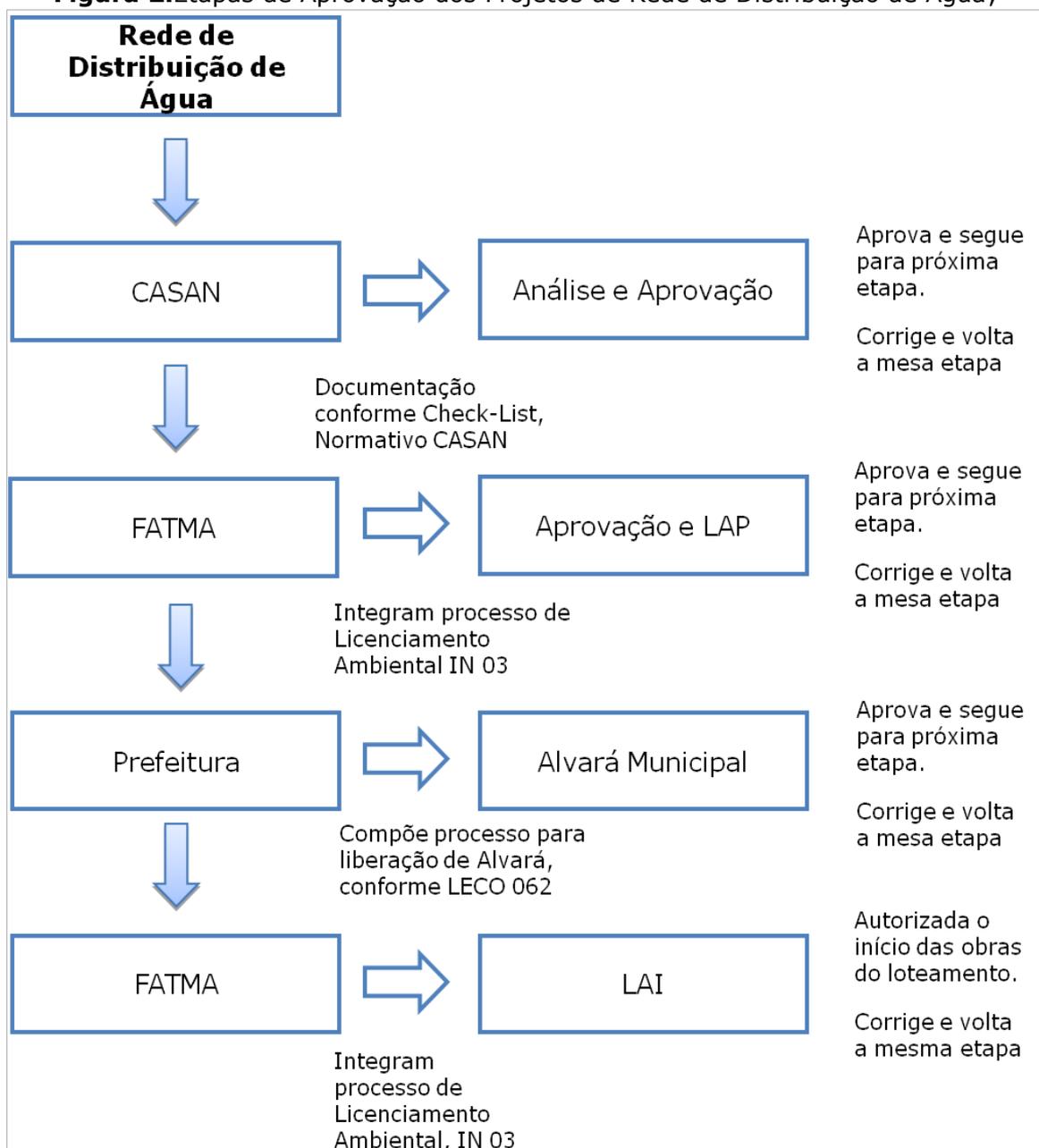
ser observado nos seus respectivos organogramas, visto que o mesmo apresenta detalhadamente seu processo de análise perante os órgãos licenciadores.

3.8. Organogramas

3.8.1. Rede de distribuição de água

A Figura 2. Apresenta o organograma do processo de licenciamento referente ao processo de distribuição de água.

Figura 2. Etapas de Aprovação dos Projetos de Rede de Distribuição de Água;

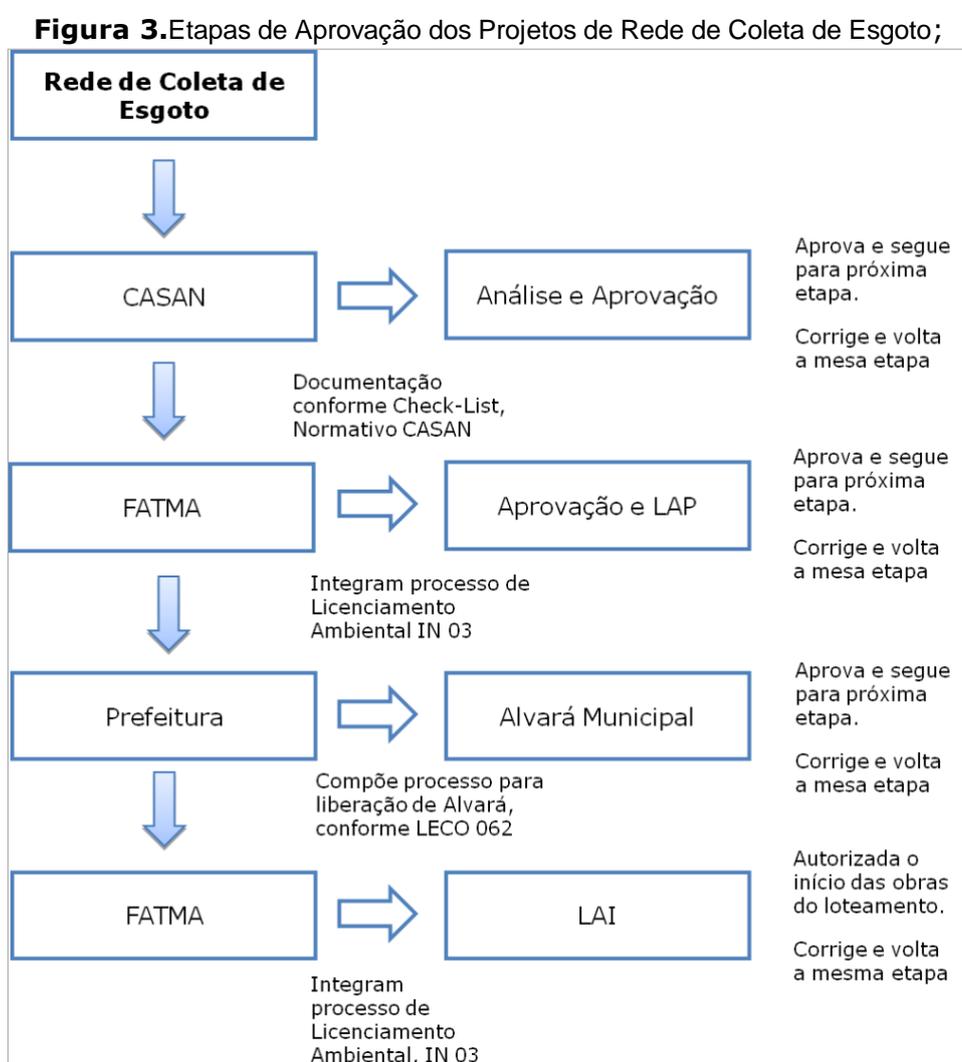


A rede de distribuição de água deve apresentar uma manutenção adequada evitando empecilho na execução (AŞCHILEAN et al., 2017), buscando evitar a contaminação da

água durante o processo de operação (PALLETI et al., 2017) para a prevenir a geração de doenças (SÄVE-SÖDERBERGH et al., 2017), como também não apresenta investimento desnecessários por erros execução (WANG; PING; CEMBRANO, 2017). Durante o processo de implantação da rede de distribuição de água pode apresentar impactos ambientais, econômicos e sociais (GONSÁLES-BRAVO; FUENTES-CRTÉS; PONCE-ORTEGA, 2017), necessitando assim do acompanhamento do engenheiro responsável, no entanto, esses impactos podem ser reduzidos, minimizados ou compensados, através dos estudos ambientais empregados durante o licenciamento ambiental.

3.8.2. Rede de coleta de esgoto

A Figura 3. apresenta o organograma do processo de licenciamento referente ao processo de coleta de esgoto.



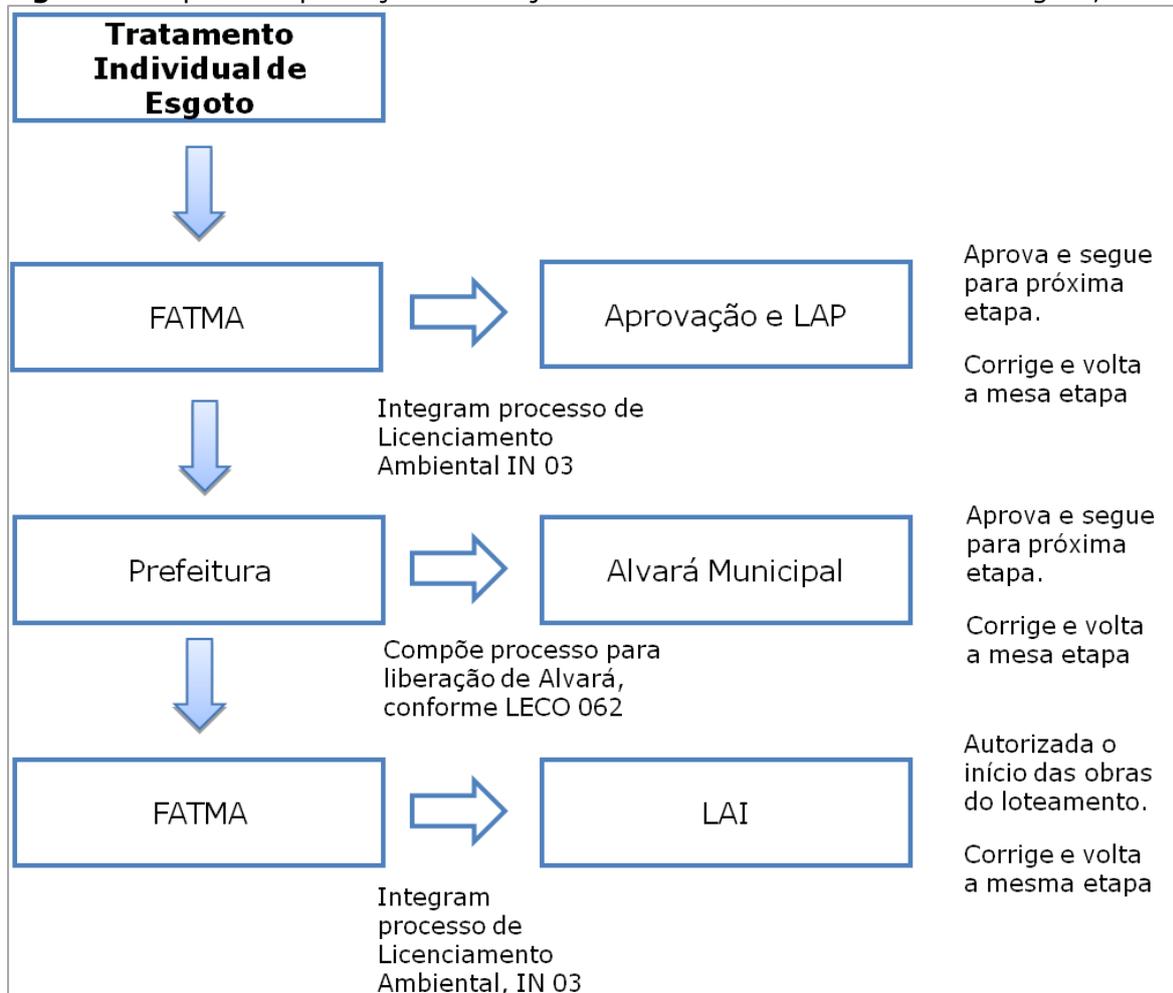
O sistema de coleta de esgoto é o mecanismo que colabora com o sistema de gestão ambiental de um loteamento, visto que auxilia no escoamento do efluentes sanitários, no entanto, o deságue desses efluentes muitas vezes após tratamento fossa e filtro é para os corpos hídricos, onde o mesmo se mistura com os efluentes da drenagem e

deságuam no corpo hídrico, necessitando de um tratamento alternativo após o sistema de coleta de esgoto (BRAGA et al., 2005).

3.8.3. Tratamento individual de esgoto

A Figura 4. apresenta o organograma do processo de licenciamento referente ao processo de tratamento individual de esgoto.

Figura 4. Etapas de Aprovação dos Projetos de Tratamento Individual de Esgoto;



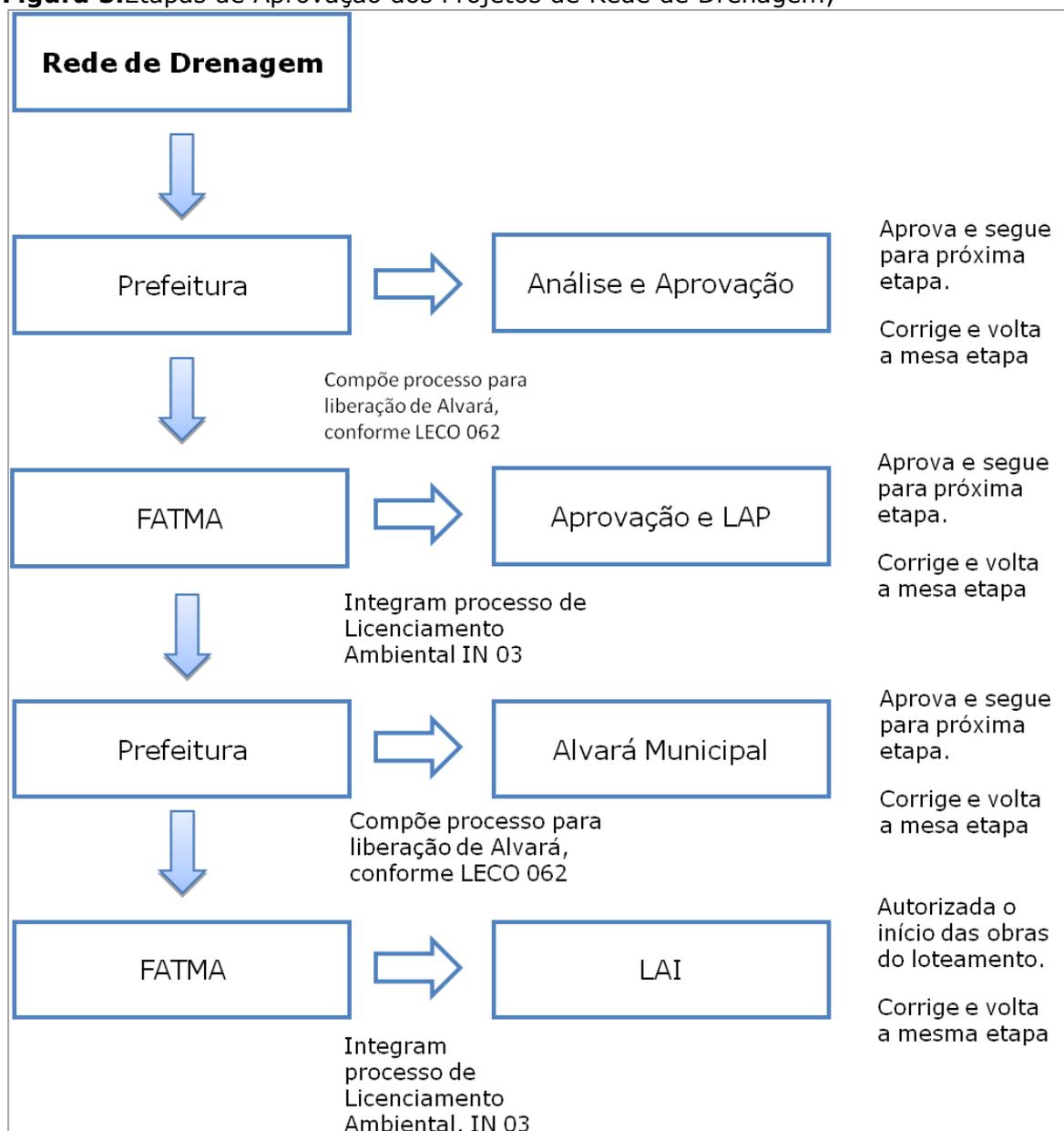
Segundo Ratis (2009) o esgoto sanitário em residências apresenta uma interação negativa se lançado diretamente ao meio ambiente devido as suas características físico-químicas e biológicas. Nunes (2001) descreve que essas características apresentam variação conforme a característica social de uma população. Para uma eficiência adequada o mesmo deve ser desenvolvido conforme a ABNT

Os sistemas de tratamento de esgoto não são eficientes na remoção de contaminantes necessitando de tratamentos alternativos para auxiliar na descontaminação de efluentes e consequentemente diminuição de impactos ambientais (LINO; ISMAIL, 2013; JORSARAEI; GOUGOL; LIER, 2014), embora muitas vezes o esgoto não obtenha uma atenção ambiental dos órgãos ambientais e governamentais o mesmo apresenta efeitos negativos ao meio ambiente, entre eles podemos destacar xenoestrogênios (JIN et al., 2013), micropoluentes orgânicos (GONZALEZ-GIL et al., 2016), metais pesados (LESTER, 1983) e outros, necessitando do monitoramento ambiental (O'CONNOR, 2013).

3.8.4. Rede de drenagem

A Figura 5. apresenta o organograma do processo de licenciamento referente ao processo de rede de drenagem.

Figura 5. Etapas de Aprovação dos Projetos de Rede de Drenagem;



Fonte: Autores (2017).

O sistema de drenagem pluvial representa um dos componentes mais caros e importantes da infraestrutura urbana, esse sistema coleta a água da chuva e levam-no até o corpo hídrico ou outros meios de deságue, seu custo está relacionado com seu porte, através de sistemas que incluem sarjetas, coletores para drenagem da chuva, calhas, bocas de lobo e também podendo apresentar canais, bacias, depósitos de infiltração e pântanos construídos (HOUGHTALEN; HWANG. AKAN, 2012).

Para Kazmierczak et al., (2016) o processo de licenciamento de loteamento perante a FATMA facilita a gestão ambiental do município, visto que o mesmo segue o plano diretor e estatuto da cidade por meio de políticas públicas.

4. Conclusão

O processo de regularização de um loteamento é uma atividade de extrema complexidade e demora, tendo em vista que são englobadas durante o processo inúmeras atividades e a sua complexidade de análise. A gama de conhecimentos necessários para que os processos ocorram também é extensa, são requeridos diversos conhecimentos dentro das áreas de engenharia civil, agrimensura, ambiental, florestal, sanitária e elétrica. Somam-se a esses, os conhecimentos das leis tanto em sua escala federal, como estadual e municipal.

A aprovação dos projetos está relacionada a diversos órgãos e etapas, por isso o processo se torna bastante moroso, tendo em vista que o encaminhamento para um novo órgão depende da análise e aprovação do órgão anterior. A legislação nos deixa claro que é dever do empreendedor a regularização do empreendimento bem como seu registro perante cartório de registro de imóveis, caso não seja cumprida a comercialização dos terrenos constitui crime.

O desenvolvimento de um roteiro a ser seguido, descrevendo as etapas e órgãos envolvidos em todo o processo de aprovação dos projetos, além de um organograma onde se apresente a sequência a ser seguida pelos projetistas foi de grande valia para os profissionais atuantes na área. A organização documental tornou o processo menos moroso, e através da aplicação do cronograma a fluidez nas aprovações teve um ganho considerável, visto que não houve mais retorno dos processos por falta de documentação ou de aprovação de órgão anterior.

A engenharia civil se torna muito eficaz tanto na etapa de levantamentos e projetos, como também na implantação, tendo em vista que os sistemas precisam estar bem dimensionados, garantido a qualidade do atendimento. É de suma importância a participação do engenheiro civil para que o loteamento possa ser regularizado e implantado de forma correta, respeitando todos os órgãos envolvidos e as etapas no prazo predeterminado em cronograma.

Assim, esse trabalho busca apresentar os meios de licenciamento de loteamentos, dispondo de informações técnicas para os gestores dos projetos, onde essas informações contribuirão para o desenvolvimento ambiental, visto que quanto melhor empregado um processo de licenciamento menor é a geração de impacto ambiental em uma atividade passível de licenciamento, como também busca dispor de práticas sustentáveis para engenheiros e outros responsáveis pelos estudos.

Referências

AISSE, Migual Mansur. **Sistemas econômicos de tratamento de esgoto sanitário**. Rio de Janeiro: ABES, 2000.

AŞCHILEAN, I.; BADEA, G.; GIURCA, I.; NAGHIU, G.S.; IIOAIE, F.G. Determining Priorities Concerning Water Distribution Network Rehabilitation. **Energy Procedia**, v.112, p.27-34, Mar. 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, Construção e Operação de Sistemas de Tanques Sépticos. Rio de Janeiro, 1993.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9649**: Projeto de Rede Coletora de Esgoto Sanitário. Rio de Janeiro, 1986.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 12218**: Projeto de Rede de Distribuição de Água para Abastecimento Público. Rio de Janeiro, 1994.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969**: Tanques Sépticos - Unidades de Tratamento Complementar e Disposição Final dos Efluentes Líquidos - Projeto, Construção e Operação. Rio de Janeiro, 1997.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J.G.L.; MIERZWA, J.C.; BARROS, M.T.L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental: O desafio do desenvolvimento sustentável**. 2 ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall. 2005.

BRASIL. Lei 6.766, de 19 de dezembro de 1979. Lei do Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providências. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF: DOU, 20 dez. 1979.

BUENO, L.S. **Uso e ocupação do solo: Uma estratégia para o zoneamento sustentável**. Caçador: Uniarp, 2013.

FUNDAÇÃO DO MEIO AMBIENTA DE SANTA CATARINA, **Instrução Normativa 03**. Disponível em: <<http://fatma.sc.gov.br/conteudo/instrucoes-normativas>>. Acesso em: 20 set. 2017.

GONSÁLES-BRAVO, R.; FUENTES-CRÉTÉS, L.F.; PONCE-ORTEGA, J.M. Defining priorities in the design of power and water distribution networks. **Energy**, Inpress, Mar. 2017.

GONZALEZ-GIL, L.; PAPA, M.; FERETTI, D.; CERETTI, E.; MAZZOLENI, G.; STEIMBERG, N.; PEDRAZZANI, R.; BERTANZA, G. LEMA, J.M.; CARBALLA, M. Is anaerobic digestion effective for the removal of organic micropollutants and biological activities from sewage sludge?. **WaterResearch**, v.102, p.211-220, Oct. 2016.

HELLER, L. Relação entre saúde e saneamento na perspectiva do desenvolvimento. **Ciênc. saúde coletiva**, Rio de Janeiro, v.3, n.2, 1998.

HOUGHTALEN, R.J.; HWANG, N.H.C.; AKAN, A. **Engenharia hidráulica**. 4ª Edi. São Paulo: Pearson Education do Brasil, 2012.

IORIO, S.M.; ARCE, D.M.; MAGALHÃES, J.; MATTOS, A.B.; ZANON, A.M. A perspectiva da educação ambiental e o processo histórico do saneamento básico: a instalação das redes de água e esgoto nos municípios de Campo Grande/MS e Dourados/MS. **INTERAÇÕES**, Campo Grande, v.10, n.1, p.63-72, Jan./Jun. 2009.

LESTER, J.N. Significance and behaviour of heavy metals in waste water treatment processes I. Sewage treatment and effluent discharge. **Science of the Total Environment**, v.30, p.1-44, Sep. 1983.

KAZMIERCZAK, T.; SILVA, D.A.; COLLET, E.B. Licenciamento ambiental de loteamentos urbanos no município de Caçador/SC. **IGNES**, Caçador, v.5, n.5, .33-53, Jan./Dez. 2016.

LINO, F.A.M.; ISMAIL, K.A.R. Alternative treatments for the municipal solid waste and domestic sewage in Campinas, Brazil. **Resources, Conservation and Recycling**, v.81, p.24-30, Dec. 2013.

JORSARAEI, A.; GOUGOL, M.; LIER, J.B.V. A cost effective method for decentralized sewage treatment. **Process Safety and Environmental Protection**, v,92, n.6, p.815-821, Nov. 2014.

JIN, S.; YANG, F.; XU, Y.; DAI, H.; LIU, W. Risk assessment of xenoestrogens in a typical domestic sewage-holding lake in China. **Chemosphere**, v.93, p.892.898, Oct. 2013.

METCALF, E.; EDDY, M. **Tratamento de Efluentes e Recuperação de Recursos**. 5. ed. New York: McGraw Hill, 2015.

MUCELIN, C.A.; BELLINI, M.; Lixo e impactos ambientais perceptíveis no ecossistema urbano. **Sociedade & Natureza**, v.20, n.1, p.111-124, 2008.

NUNES, J.A. **Tratamento físico-químico de águas residuárias industriais**. 3ª Ed., Aracaju: Gráfica e Editora Triunfo LTDA, 2001.

O'CONNOR, N.E. Impacts of sewage outfalls on rocky shores: Incorporating scale, biotic assemblage structure and variability into monitoring tools. **Ecological Indicators**, v.29, p.501-509, Jun. 2013.

PALLETI, V.R.; KURIAN, V.; NARASIMHAN, S.; RENGASWAMY, R. Actuator network design to mitigate contamination effects in Water Distribution Networks. **Computers&ChemicalEngineering**, v.108, p.194-205, Jan. 2017.

RATIS, A.N.F.A. **Caracterização dos resíduos esgotados de sistemas de tratamento individual de esgoto doméstico de Natal**. Dissertação Pós Graduação (Engenharia Sanitária). Natal: Universidade Federal do Rio Grande do Norte. 2009.

SANTA CATARINA. Lei 6.063 de 24 de maio de 1982. Lei do Parcelamento do Solo Urbano e dá Outras Providências. **Diário Oficial do Estado de Santa Catarina**, Florianópolis, SC: DOU, 25 mai. 1982.

SANT'ANNA JR, G. L. **Tratamento biológico de efluentes: fundamentos e aplicações**. Rio de Janeiro: Editora Interciência Ltda, 2010.

SÄVE-SÖDERBERGH, M.; BYLUND, J.; MALM, A.; SIMONSSON, M.; TOLJANDER, J. Gastrointestinal illness linked to incidents in drinking water distribution networks in Sweden. **WaterResearch**, v.122, p.503-511, Oct. 2017.

SOARES, S.R.A.; BERNARDES, R.S. Relações entre saneamento, saúde pública e meio ambiente: elementos para formulação de um modelo de planejamento em saneamento. **Cad. Saúde Pública**, Rio de Janeiro, v.18, n.6, Nov./Dec. 2002.

SOUZA, C.M.N. Relação saneamento-saúde-ambiente: os discursos preventivista e da promoção da saúde. **Saúde e Sociedade**, v. 16, n. 3, p.125-137, 2007.

SOUZA, R.; ABIKO, A. **Metodologia para desenvolvimento e implantação de sistemas de gestão da qualidade em empresas construtoras de pequeno e médio porte**. São Paulo: EPUSP, 1997.

WANG, Y.; PING, V.; CEMBRANO, G. Non-linear economic model predictive control of water distribution networks. **Journal of Process Control**, v.56, p.23-34, Aug. 2017.

VIDEIRA. LECO 062 de 09 de abril de 2008. Lei das Normas Relativas ao Parcelamento do Solo Urbano do Município de Videira, Estado de Santa Catarina, e dá outras providências. **Diário Oficial do Município de Videira, Videira**, SC, 11 abr. 2008.

Dimensionamento e análise da eficiência de um sistema de tratamento de efluente doméstico para edifício residencial

Sizing and efficiency analysis of a domestic effluent treatment system for a residential building

Caroline Schutz Wendling¹, Roger Francisco Ferreira de Campos², Renael Antonio Ferreira da Silva³, Caroline Aparecida Matias⁴ e Grazyelle Rocha Pereira⁵

¹ Engenheira Ambiental e Sanitarista, e mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC e docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP;

³ Acadêmico do curso de Engenharia Ambiental e Sanitária da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

⁴ Engenheira Agrônoma, e mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

⁵ Engenheira Ambiental e Sanitarista, e mestranda em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC.

{caarol.sw@hotmail.com; roger@uniarp.edu.br; renael.silva@guararapes.com.br; carolineaparecidamatias@gmail.com; pereiragrazyelle@gmail.com}

Resumo. O sistema de tratamento de efluente sanitário é um processo primordial para o desenvolvimento sustentável das cidades. Portanto, o presente trabalho teve como objetivo dimensionar um sistema de tratamento de efluente doméstico para um edifício residencial e analisar sua eficiência após um ano de uso. O dimensionamento do sistema seguiu as normas das NBR 7229 e NBR 9648. Foi avaliada a eficiência por meio de análises de DQO, DBO_{5,20}, pH e sólidos sedimentáveis, obtendo os seguintes resultados: remoção de 30,98% para DBO e 36,90% para DQO, sendo estes insatisfatórios comparados com trabalhos de outros autores e com a legislação pertinente, 100% para os sólidos sedimentáveis, e o pH manteve-se sobretudo constante. Assim, conclui-se que o sistema de tratamento de esgoto analisado não promoveu uma boa remoção de DQO e DBO_{5,20}. Esta ineficiência pode estar relacionada com a não estabilização completa pelos micro-organismos no sistema.

Palavras-chaves: Esgoto Doméstico, Edifício Residencial, Saneamento Urbano.

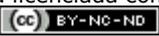
Abstract. The effluent treatment system is a key process for the sustainable development of cities. Thus, the present work had as objective to dimension a system of treatment of domestic effluent for a residential building and to analyze the efficiency from a year of use. The sizing of the system followed the NBR 7229 and NBR 9648. Its efficiency was selected through COD, BOD_{5,20}, pH and sedimentable solids, obtaining the following results: removal of 30,98% for BOD and 36,90 % for COD, which were unsatisfactory compared to other authors papers and with legislation, 100% for sedimentable solids, and pH remained mostly constant. Thus, it is concluded that the effluent treatment system analyzed did not promote a good removal of COD and BOD_{5,20}. This inefficiency may be related to non-complete stabilization by microorganisms in the system.

Key words: Esgoto Doméstico, Edifício Residencial, Saneamento Urbano.

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

O esgoto sanitário em estado bruto é caracterizado por altas cargas de matéria orgânica e nutrientes, principalmente nitrogênio e fósforo, resíduos fecais, produtos químicos e produtos farmacêuticos. A alta presença de nitrogênio e fósforo é responsável por causar a eutrofização dos sistemas aquáticos (VIDAL; CAPELO NETO, 2014), promovendo a floração de cianobactérias, as quais liberam toxinas responsáveis por causar graves prejuízos ao ecossistema aquático em questão (QUEVEDO; PAGANINI, 2011). Ademais, o excesso de nutrientes é responsável também pela diminuição excessiva do oxigênio dissolvido no recurso hídrico, fato que pode acarretar na alta taxa de mortalidade dos seres vivos (SILVA; FONSECA, 2016).

No que tange à saúde humana, os resíduos fecais representam o risco mais acentuado devido ao seu alto teor de microrganismos patogênicos, os quais possuem capacidade de causar doenças aos seres humanos, fazendo com que a redução da poluição bacteriológica em águas residuais seja da mais alta prioridade (AURORA; KAZMI, 2015).

No Brasil, segundo o Instituto Trata Brasil, no ano de 2015, somente cerca de 50% da população brasileira possuía acesso à coleta de esgoto, sendo que desta parcela coletada, somente 42% eram tratados. O esgoto doméstico é um dos principais contaminantes dos mananciais superficiais (CARREIRA et al., 2001), visto que o seu lançamento em estado bruto, ou sem o tratamento adequado, em recursos hídricos altera as características naturais da água, comprometendo sua qualidade para abastecimento humano ou até mesmo para outros usos menos exigentes (RIBAS; FORTES NETO, 2008).

Um dos principais problemas relacionados ao esgotamento sanitário está associado à correta operação e manutenção dos sistemas de tratamento (LOPES et al., 2016). Em relação a estes, os sistemas anaeróbios possuem inúmeras vantagens sob os aeróbios visto que possuem menor custo, maior simplicidade operacional e baixa produção de sólidos sendo que, no Brasil, a configuração de sistemas anaeróbios de tratamento mais difundida é a fossa séptica seguida de filtro anaeróbio (SILVA; SOUZA, 2011).

A fossa séptica é definida pela NBR 7229 de 1993 (ABNT, 1993) como “unidade cilíndrica ou prismática retangular de fluxo horizontal, para tratamento de esgotos por processos de sedimentação, flotação e digestão”, a qual ainda necessita de um tratamento complementar, que pode ser realizado pelo filtro anaeróbio. O filtro anaeróbio é definido como um reator capaz de estabilizar a matéria orgânica presente nas águas residuais, através da ação de microrganismos apoiados em um material suporte pelo qual o esgoto irá escoar (CAMPOS; DIAS, 1989).

Assim sendo, no sistema convencional, a fossa séptica nada mais é do que um tanque enterrado que recebe o efluente, retendo a parte sólida, assim, iniciando o processo de purificação da parte líquida, o qual é finalizado pela filtração (EMBRAPA, 2001). Portanto, o presente trabalho teve como objetivo dimensionar um sistema de tratamento de efluentes para um edifício residencial de Videira/SC, composto de fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, assim como analisar sua eficiência após um ano de operação.

2. Materiais e Métodos

O presente estudo foi desenvolvido em um edifício residencial localizado no município de Videira, pertencente ao estado de Santa Catarina, conforme Figura 1.



Figura 1. Local do estudo.

O edifício é constituído de quatro pavimentos com doze apartamentos e doze vagas de garagem e/ou estacionamento, com área coberta igual a 810,49m², área descoberta (destinada às vagas de estacionamento) igual a 106,55m², tendo como área total 917,04 m².

O Pavimento Garagem possui uma área coberta de 46,62m², englobando duas vagas de garagem (36,67m²), área de escada e circulação (9,95m²); e dez vagas de estacionamento descobertas totalizando 106,55m². O Pavimento Térreo possui área total de 250,50m² possuindo quatro apartamentos. O Segundo Pavimento possui uma área total de 247,26m² possuindo quatro apartamentos. O Terceiro Pavimento possui área total de 247,26m² possuindo quatro, sendo que todos os pavimentos possuem uma área de circulação e de escada.

Para adequar o sistema de tratamento de esgoto sanitário do edifício às legislações ambientais específicas, foi dimensionamento uma fossa séptica e um filtro biológico anaeróbio, tendo como base a NBR 7229 (ABNT, 1993), NBR 9648 (ABNT, 1986) e NBR 13969 (ABNT, 1997). O volume útil total do tanque séptico foi calculado pela Equação 1.

$$V = 1000 + N_x(CT + KxL_f) \quad (1)$$

Onde:

V = Volume útil, em litros;

N_x = Número de pessoas ou unidades de contribuição;

C = Contribuição diária de despejos, em litros x habitantes/dia, conforme informado na NBR 13969;

T = Tempo de detenção hidráulica em dias, conforme informado na NBR 13969;

K = Taxa de acumulação de lodo digerido em dias, equivalente ao tempo de acumulação de lodo fresco conforme informado na NBR 7229.

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

O tamanho do tanque séptico foi calculado pela seguinte Equação 2.

$$V = Lx 2 xh \quad (2)$$

Onde:

V = Volume mínimo;
L = Largura;
h = Altura.

O volume útil mínimo (V_u) do leito filtrante deve ser de 1000 litros e foi obtido por meio da utilização da Equação 3.

$$V_u = 1,6 x N_x x C x T \quad (3)$$

Onde:

N = Número de pessoas ou unidades de contribuição;
C = Contribuição diária de despejos, em litros x habitantes/dia, conforme informado NBR 13969;
T = Tempo de detenção hidráulica em dias, conforme informado na NBR 13969;

A altura total do filtro anaeróbio, em metros, foi obtida pela Equação 4.

$$H = h + h_1 + h_2$$

(4)

Onde:

H = Altura total interna do filtro anaeróbio;
h = Altura total do leito filtrante;
h₁ = Altura da calha coletora;
h₂ = Altura sobressalente (variável).

Após o dimensionamento, o sistema foi colocado em operação e a eficiência do tratamento foi mensurada após um ano. A coleta foi realizada de acordo com a NBR 9898 (ABNT, 1987) e os parâmetros analisados foram pH, Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO_{5,20}, Demanda Química de Oxigênio - DQO e sólidos sedimentáveis, no laboratório de análises químicas da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe (UNIARP), conforme *Standard Methods for Examination of water and wastewater* (APHA, 1998).

3. Resultados e Discussões

A partir dos cálculos realizados para o dimensionamento do sistema de tratamento de efluentes sanitários, por meio das equações 1, 2, 3 e 4, obteve-se valores que estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dimensionamento do sistema de tratamento de efluentes sanitários.

Dimensionamento		
Tanque	Tamanho	Volume (L)
01	2,60m x 5,20m x 2,00m	25.800
Filtro	Tamanho	Volume (L)

InterfacEHS - Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 - Junho de 2018

01	2,30m x 4,60m x 1,70m	12.480
----	-----------------------	--------

Com as informações encontradas na Tabela 1, elaborou-se as vistas do sistema em planta e em cortes A e B apresentadas, respectivamente, nas Figuras 1 e 2.

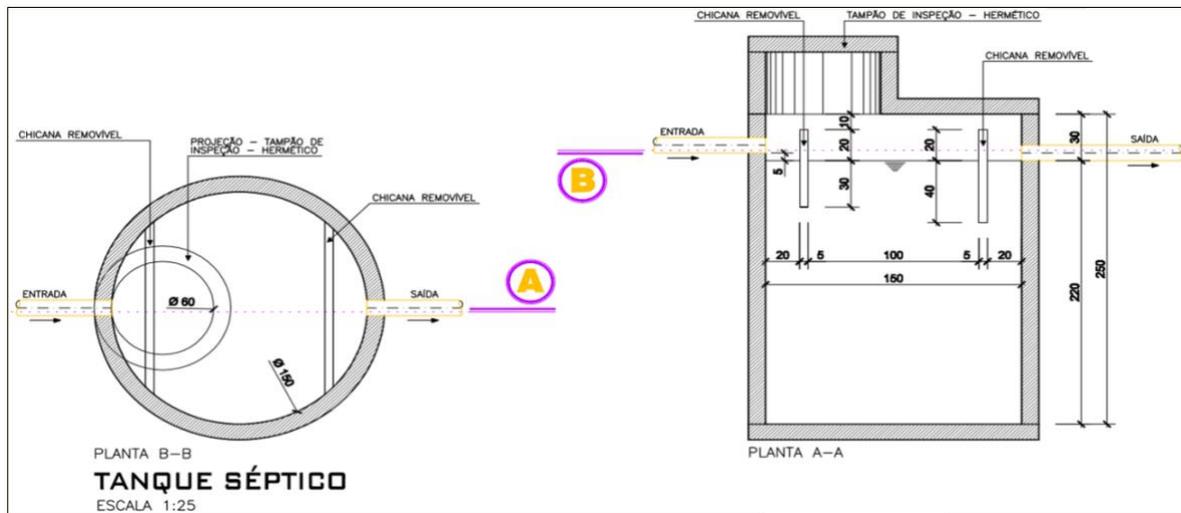


Figura 2. Vista em planta e corte do tanque séptico.

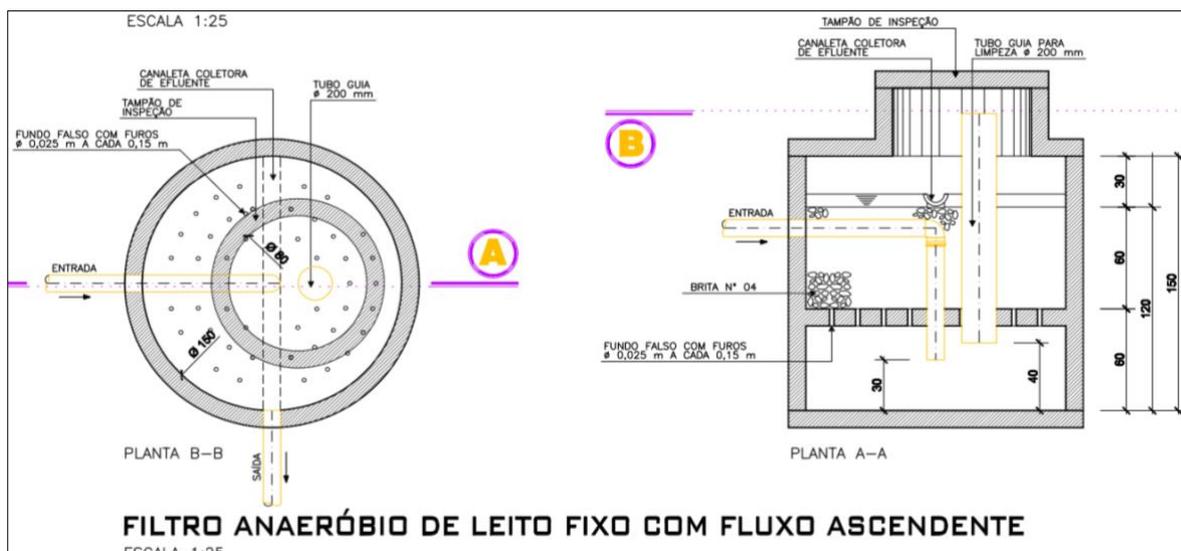


Figura 3. Vista em planta e corte do filtro anaeróbio.

Após um ano de utilização do sistema, coletou-se uma amostra para realização da mensuração da eficiência do sistema de tratamento de esgoto sanitário, escopo deste trabalho. O resultado da eficiência do sistema dimensionado (fossa séptica e filtro anaeróbio) é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Dimensionamento do sistema de tratamento de efluentes sanitários.

PARÂMETROS	RESULTADOS			UNIDADES
	EN.	SA.	EF.(%)	
DBO _{5,20}	439,00	303,00	30,98	mg.L ⁻¹
pH	7,60	7,44	-	mg.L ⁻¹
Sólidos Sedimentáveis	1,50	n.d	100,00	mL.L ⁻¹

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

PARÂMETROS	RESULTADOS			UNIDADES
	EN.	SA.	EF.(%)	
DQO	783,42	494,37	36,90	mg.L ⁻¹
(n.d.) – Nada detectado; (EN.) – Entrada;	(AS.) – Saída; (EF.) – Eficiência.			

De acordo com a Tabela 2, pôde-se observar uma eficiência de remoção na DBO_{5,20} e DQO entre 30-40%. Já os sólidos sedimentáveis teve uma remoção máxima com 100% de eficiência, e o pH manteve-se aproximadamente constante, sem uma considerável variação. A partir do estudo realizado por Silva e Souza (2011), os quais analisaram a eficiência média global de dezesseis estações de tratamento de efluentes domésticos compostas por fossa séptica seguida de filtro anaeróbio, foi possível uma comparação com o presente estudo. No que concerne a remoção de DQO e sólidos sedimentáveis, Silva e Souza (2011) obtiveram remoção média global igual a 55% para ambos, e para o pH, obtiveram média igual a 7,28. Com isto, pôde-se avaliar que a remoção de DQO do presente estudo está abaixo comparado ao estudo citado. Em contrapartida, a eficiência da remoção dos sólidos sedimentáveis está acima, sendo totalmente eficaz, e o pH manteve-se com o valor aproximado. Silva e Souza (2011) não abordou e analisou o DBO_{5,20}, ficando sem valores para comparação.

No entanto, a Resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) nº 430 de 2011, exige que a concentração de DBO_{5,20} para o lançamento de efluentes domésticos seja igual ou inferior a 120 mg.L⁻¹, sendo que este limite só poderá ser ultrapassado caso o sistema possua eficiência de remoção para este parâmetro acima de 60%. Sendo assim, com somente 30,98%, a eficiência encontrada no presente estudo para a remoção de DBO_{5,20} não é satisfatória. Ademais, o valor também se encontra abaixo do estabelecido pela NBR 13969 de 1997 (ABNT, 1997), na qual afirma que, para filtros anaeróbios, a remoção média para DBO_{5,20} deve estar entre 40 e 75%. No que tange a legislação estadual, a Lei nº 14675 de 2009 que institui Código Estadual do Meio Ambiente, estabelece que a DBO_{5,20} para efluentes lançados seja igual ou inferior a 60 mg.L⁻¹.

Em relação ao valor de pH, este parâmetro está de acordo com o exigido pela Resolução CONAMA nº 430/2011, bem como, pela Lei Estadual nº 14675/2009, as quais estabelecem para lançamento de efluentes domésticos pH entre 5 e 9 unidades. A concentração de sólidos sedimentáveis também ficou enquadrada no requerido pela Resolução CONAMA nº 430/2011, a qual demanda concentração igual ou inferior à 1 ml.L⁻¹. Ressalta-se que eficiência de remoção avaliada para sólidos sedimentáveis, a qual atingiu 100%, encontra-se acima do esperado pela literatura, no que tange ao desempenho de estações de tratamento de esgoto, que é de 70% (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005).

Para o parâmetro DQO, o desempenho do sistema de tratamento para sua remoção foi inferior ao preconizado na literatura que é igual a 70% (OLIVEIRA; VON SPERLING, 2005). Além disso, a eficiência da remoção da DQO do sistema estudado também se encontra inferior ao estabelecido pela norma pertinente NBR 13969/1997, a qual afirma que a eficiência média de remoção de DQO por filtro anaeróbio deve estar entre 40 a 70%.

Sendo assim, no geral, estes resultados não atingiram uma eficiência desejada para o sistema de tratamento de esgoto doméstico analisado. Apesar disto, é destacada a importância dos sistemas convencionais de fossa e filtro, pois são fundamentais para combater doenças, verminoses e endemias para a população, uma vez que evitam o lançamento do efluente com dejetos humanos diretamente nos corpos hídricos, como córregos, rios, lagos, ou até mesmo na superfície do solo. Assim, por apresentar baixo custo de instalação e simples modo de manuseio, o seu uso é considerado essencial para a melhoria das condições básicas de higiene da população (EMBRAPA, 2001).

Logo, para que um sistema anaeróbio tenha alta eficiência é necessário observar alguns fatores, como pH e temperatura. Embora o pH do efluente bruto, no momento da coleta, tenha sido igual a 7,60, não é possível saber se este comportamento é comum ou uma exceção, sendo que pH inferior a 6,3 pode atuar como inibidor de bactérias metanogênicas, ocasionando instabilidade no processo de tratamento. Outro fator que pode afetar negativamente o sistema anaeróbio é a temperatura interna do filtro anaeróbio. Em razão de que a digestão da matéria orgânica ocorre em duas faixas de temperatura: 30 a 35°C para a fase mesófila e 50 a 55°C para a fase termófila. Caso o reator anaeróbio não atinja tais temperaturas nestas fases pode haver um desequilíbrio na atividade biológica, acarretando em baixa eficiência de tratamento (GOMES, 2006).

4. Conclusão

Por meio das análises realizadas, foi possível concluir que o sistema de tratamento dimensionado, composto por fossa séptica seguida por filtro anaeróbio, não promove uma boa remoção de DBO_{5,20} e de DQO. Para tanto, no que tange aos parâmetros pH e sólidos sedimentáveis, estes atingiram ou sobressaltaram o exigido pelas legislações e normas pertinentes.

Contudo, deve-se levar em consideração que a coleta e análise de amostras pontuais pode não refletir o real desempenho das estações de tratamento de efluente, uma vez que não há sincronia entre as concentrações de entrada e saída do mesmo. Portanto, é necessário desenvolver mais análises, visto que o sistema de tratamento de efluentes sanitário apresenta uma alta eficiência em seu processo, como também é viável investigar se está sendo destinados contaminantes químicos e outros que interferem no desenvolvimento dos microrganismos que realizam o tratamento no processo.

Ainda assim, sugere-se acrescentar a temperatura como parâmetro de análise de eficiência. Além disso, recomenda-se monitorar as condições do pH do efluente e a temperatura interna do sistema por um período maior de tempo, assim como os parâmetros avaliados, a fim de visualizar se a baixa eficiência na remoção de DBO_{5,20} e DQO foi um evento pontual, e, caso não seja, realizar adequações ao sistema de tratamento de esgoto doméstico.

Referências

AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION. Standard methods for the examination of water and wastewater. 20 ed. Washington: APHA, 1998.

AURORA, S.; KAZMI, A. A. The effect os seasonal temperature on pathogen removal efficacyof vermifilter for wastewater treatment. **Water Research**, 11 fev. 2015.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 7229**: Projeto, construção e operação de sistemas de tanques sépticos. Rio de Janeiro: ABNT, 1993.

_____. **NBR 9648**: Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário - Procedimento. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.

_____. **NBR 9898**: Preservação e técnicas de amostragem de efluentes líquidos e corpos receptores. Rio de Janeiro: ABNT, 1987.

_____. **NBR 13969**: Tanques sépticos - Unidades de tratamento complementar e disposição final dos efluentes líquidos - Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro: ABNT, 1997.

CAMPOS, J. R.; DIAS, H. G. Potencialidade do filtro anaeróbio. **Revista DAE**, v. 49, n. 154, 1989.

CARREIRA, R.; WAGENER, A. de L. R.; FILEMAN, T.; READMAN, J. W. Distribuição de coprostanol (5 β (H)-COLESTAN-3 β -OL) em sedimentos superficiais da Baía de Guanabara: Indicador da poluição recente por esgoto doméstico. **Quim. Nova**, v.24, n.1, p. 37-42, 2001.

CONAMA. Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011. **Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução nº 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA**. Brasil, 2011.

EMBRAPA. **Fossa Séptica Biodigestora**. São Carlos: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento, 2001.

GOMES, A. L. **Análise técnica e econômica de filtro anaeróbio utilizado para o tratamento de efluentes líquidos de uma indústria de laticínio – estudo de caso**. 2006. 117 f. Dissertação (Mestrado em Saneamento, Meio Ambiente e Recursos Hídricos), Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2006.

LOPES, W.S.; RODRIGUES, A.C.L.; FEITOSA, P.H.C.; COURA, M.A.; OLIVEIRA, R.; BARBOSA, D.L. Determinação de um índice de desempenho do serviço de esgotamento sanitário. Estudo de caso: cidade de Campina Grande, Paraíba. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v.20, n.1, p.1-10, Jan./Mar. 2016.

OLIVEIRA, S. M.A. C.; VON SPERLING, M. Avaliação de 166 ETEs em operação no país, compreendendo diversas tecnologias. Parte I – Análise de desempenho. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v. 10, n. 4, p. 347-357, 2005.

QUEVEDO, C. M. G.; PAGANINI, W. S. Impactos das atividades humanas sobre a dinâmica do fósforo no meio ambiente e seus reflexos na saúde pública. **Revista Ciência e Saúde Coletiva**, 2011.

RIBAS, T. B. C.; FORTES NETO, P. Disposição no solo de efluentes de esgoto tratado visando a redução de coliformes termotolerantes. **Revista Ambiente & Água**, v. 3, n. 3, p. 81-94, 2008.

SANTA CATARINA. Lei nº 14.675, de 13 de abril de 2009. **Institui Código Estadual do Meio Ambiente e estabelece outras providências**. Santa Catarina, 2010.

SILVA, A. R.; FONSECA, A. L. D. Eutrofização dos recursos hídricos como ferramenta para a compreensão das doenças de vinculação hídrica. **Revista Geosul**, Florianópolis, v. 3, n. 62, p. 247-270, 2016.

SILVA, F. J. A.; SOUZA, R. O. Turbidez e cloro residual livre na monitoração de ETE tipo tanque séptico seguido de filtro anaeróbio. **Revista Acta Scientiarum**, Maringá, PR, v. 33, n. 4, p. 407-413, 2011.

VIDAL, T. F.; CAPELO NETO, J. Dinâmica de nitrogênio e fósforo em reservatório na região semiárida utilizando balanço de massa. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, n.4, p.402-407, 2014.

Mapa de Risco: Elaboração e implantação em uma lanchonete localizada no município de Caçador, Santa Catarina, Brasil.

Map of Risk: Elaboration and implantation in a snack bar located in the municipality of Caçador, Santa Catarina, Brazil.

Bruna Luisa Santin Backes¹, Roger Francisco Ferreira de Campos²

¹ Engenheira Agrônoma e Engenheira de Segurança do Trabalho pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista e Engenheiro de Segurança do Trabalho pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP, Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

{ brunaluisa0106@hotmail.com; roger@uniarp.edu.br }

Resumo. Atualmente a segurança no ambiente de trabalho deixou de ser uma preocupação apenas das grandes empresas, mas também pequenos comércios como lanchonetes, bares e restaurantes. A saúde do trabalhador deve ser sempre a maior preocupação no local de trabalho, com o mapa ao se mostrar os riscos presentes no ambiente de trabalho essa preocupação deixa de ser apenas do empregado e passa também a fazer parte da rotina de todos que convivem no ambiente de trabalho. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo implantar um mapa de risco para adequação legal do estabelecimento comercial em cumprimento a portaria n.º 25, de 29 de dezembro de 1994 do Ministério do Trabalho e Emprego - MTE. O mapa será elaborado tendo como base o levantamento dos riscos ambientais presentes em cada área, visando à diminuição de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho. Os resultados mostraram que a lanchonete apresenta riscos físicos, químicos, ergonômicos, biológicos e de acidentes pequenos e médios, nos diversos setores de trabalho. Com poucas mudanças e adequações a lanchonete se tornará um local de trabalho salubre isto significa que com pouco gasto e esforço e todos sairão ganhando. Os funcionários que terão sua saúde preservada e o empregador que terá seu estabelecimento funcionando dentro das normas evitando assim penalidades e paralisação dos processos de produção por acidentes ou afastamento de seus colaboradores.

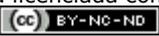
Palavras-chaves: Saúde ocupacional. Mapa de riscos. Riscos no ambiente de trabalho.

Abstract. *There is security in the work environment that is no longer a concern of large companies but also small businesses such as snack bars, bars and restaurants. The health of the worker must always be a greater concern in the workplace, with the map showing the risks present in the work environment, this concern is no longer just an employee and also passes a part of the routine of all who live in the environment According to with the working document of April 29, 1994, of the Ministério do Trabalho e Emprego – MTE. The map is based on risk assessment in all places, aiming at a reduction of occupational diseases and accidents at work. The results showed that the cafeteria presents physical, chemical, ergonomic, biological and small and medium accidents risks in the different sectors of work. With few changes and adjustments the cafeteria will become a brave place of work so that with little expense and effort and everyone will win. The employees who have their health and the employer who have*

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

their establishment functioning within the norms avoiding the penalties and paralysis of the production processes by accidents or removed from their collaborators.

Key words: Occupational health. Map of Risks. Risks in the Work Environment.

1. Introdução

De acordo com Zocchio (1996, p.21.), a prevenção de acidentes do trabalho foi institucionalizada no Brasil na década de quarenta. A partir daí, passaram a ser desenvolvidas e a evoluir as ações e medidas de segurança do trabalho por ela exigida. Para a Federação das Indústrias do Espírito Santo - FINDS (2017) o maior objetivo da equipe de segurança do trabalho é compreender as questões relativas à Segurança, Meio Ambiente e Saúde de modo a possibilitar uma visão crítica dos riscos e perigos existentes no mundo do trabalho.

Segundo Oddone et al., (1977, p.19.) por ambiente de trabalho entendemos o conjunto de todas as condições de vida no local de trabalho. O termo é consequentemente abrangente, seja do ambiente de trabalho em senso estrito (característica do local: dimensões, iluminação, rumorosidade, presença de poeira, gás ou vapores, fumaça, etc.) além dos elementos conexos à atividade em si (tipo de trabalho, posição do operário, ritmo de trabalho, ocupação do tempo, horário de trabalho diário, turnos, horário semanal, alienação e não valorização do patrimônio intelectual e profissional).

Zocchio (1996, p.23.) afirma que muito embora reconhecendo os benefícios da prevenção de acidentes, nem sempre o empresário consegue alcançá-los plenamente, pela carência de serviço de segurança mais atualmente ou pela indecisão da própria empresa em definir uma política adequada ao assunto. Para Chaves (2017) de acordo com o último levantamento realizado pelo Ministério da Previdência Social - MPS, cerca de sete brasileiros perdem a vida todos os dias em acidentes de trabalho no Brasil, totalizando uma média de 2.500 óbitos a cada ano no país. Esses números alarmantes colocam o Brasil na quarta posição mundial em relação à quantidade de mortes, perdendo apenas para a China, os Estados Unidos e a Rússia, segundo dados divulgados recentemente pela Organização Internacional do Trabalho - OIT.

Ainda nas palavras de Chaves (2017), quando um empregado sofre um acidente de trabalho, primeiramente a empresa precisa arcar com os custos normais daquele trabalhador, referentes ao pagamento de salário e possíveis benefícios, durante os primeiros quinze dias do afastamento. Mas, além disso, segundo o artigo 22 da Lei n. 8212/91 da Constituição Federal, as empresas necessitam custear integralmente um seguro contra acidentes de trabalho, chamado Seguro de Acidente de Trabalho - SAT, que consistem em taxas de 1% a 3% que ainda podem ser dobradas dependendo do histórico de acidentes de trabalho – dentre outros fatores naquela empresa.

O Mapa de Risco foi criado na década de 60, pelos italianos, e chegou a terras brasileiras apenas no fim dos anos 70. Com o aumento da produção industrial e do índice de acidentes, logo em seguida, o método começou a ser utilizado nas fábricas e ambientes de industriais e, em 1992, ele se tornou obrigatório. Desde então, o mapa de risco é exigido em todos os países em que a Comissão Interna de Prevenção de Acidentes – CIPA está presente e sua ausência pode acarretar em multas de alto valor (FALANDO DE PROTEÇÃO, 2017).

Conforme Santos (2017), o mapa de risco tem por objetivo informar funcionários de possíveis riscos (físico, químicos, biológicos, ergonômico e acidentes). Sua elaboração deve ser de forma participativa, ou seja, deve ser elaborado juntamente com a CIPA,

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

através da orientação do Serviço Especializado em Engenharia e Segurança e Medicina do Trabalho - SESMT da empresa, onde a empresa não disponha de um SESMT pode-se optar por um serviço especializado terceirizado. A prevenção ainda é a melhor medida de segurança. O mapa de risco bem como todas as medidas descritas na norma regulamentadoras da segurança do trabalho, tem como principal objetivo a redução ou eliminação da incidência dos acidentes de trabalho ou doenças laborais (INSTITUTO SANTA CATARINA, 2017).

Segundo Gardinalle (2017), a incorporação das boas práticas de gestão de saúde e segurança no trabalho no âmbito das micro e pequenas empresas contribui para a proteção contra os riscos presentes no ambiente de trabalho, prevenindo e reduzindo acidentes e doenças e diminuindo consideravelmente os custos. No caso das micro e pequenas empresas, a participação do próprio empreendedor e dos trabalhadores na identificação dos riscos assume um papel de extrema importância para o êxito do programa de gestão.

Por fim, este trabalho tem por objetivo implantar um mapa de risco para adequação legal de um estabelecimento comercial do município de Caçador/SC, através das diretrizes da Portaria n.º 25, de 29 de dezembro de 1994 do MTE - o mapa será elaborado tendo como base o levantamento dos riscos ambientais presentes em cada área, visando à diminuição de doenças ocupacionais e acidentes de trabalho.

2. Materiais e Métodos

2.1. Local do estudo

O estabelecimento comercial em estudo tem como atividade principal, o preparo e comercialização de lanches e bebidas, situada no município de Caçador, Santa Catarina. Os lanches podem ser consumidos no próprio local ou apenas comercializado para consumo posterior.

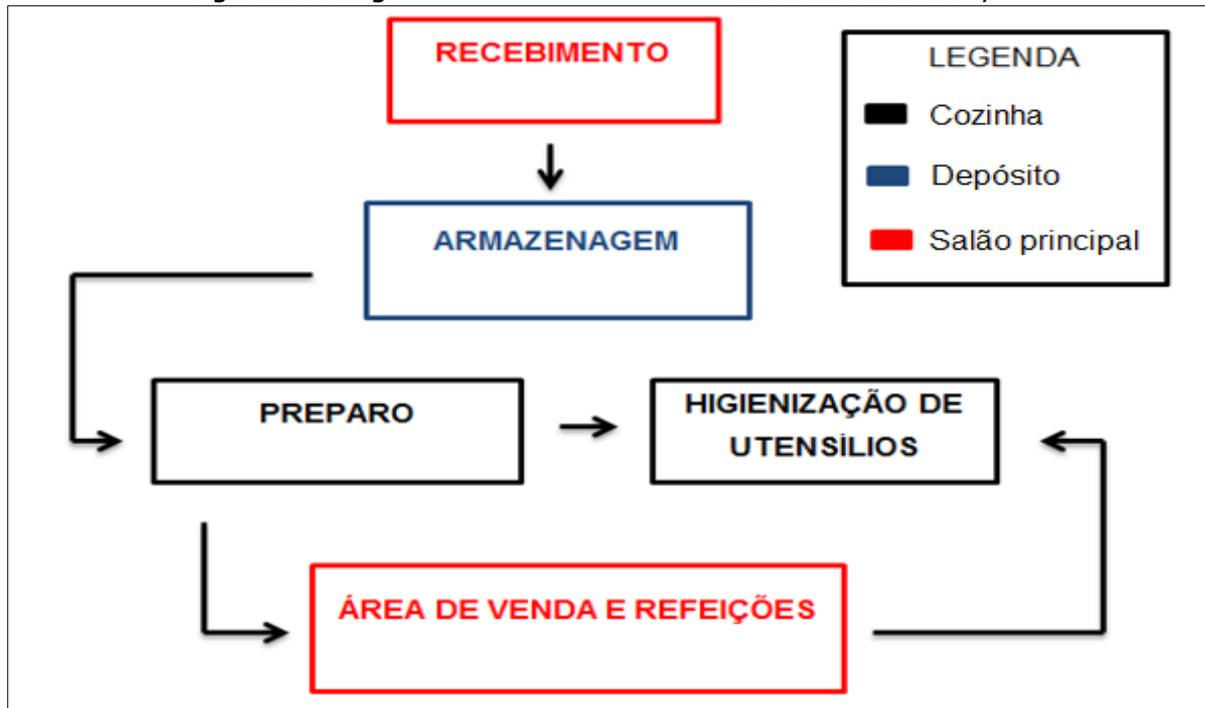
Figura 1. Vista aérea do local de estudo;



A lanchonete possui um quadro de funcionários composto por dois funcionários que desenvolvem as atividades de atendimento, produção e administração.

As atividades desenvolvidas na lanchonete seguem etapas básicas descritas no fluxograma abaixo:

Figura 2. Fluxograma das atividades desenvolvidas na lanchonete;



O local possui uma área de 210m², sendo o salão para refeições, cozinha depósito e banheiros. A lanchonete é localizada em uma construção de alvenaria com três pisos, a lanchonete é situada no térreo, com espaço amplo e com grandes janelas que propiciam boa iluminação natural durante o dia.

Figura 3. Fachada da lanchonete;



O salão tem aproximadamente 111m², sendo sua construção em alvenaria, o piso tem revestimento cerâmico, as paredes com pintura branca, existem cinco janelas grandes (tipo deslizante) e uma porta grande de vidro para entrada e saída. A iluminação é feita por luminárias tipo calha com lâmpadas fluorescentes, além da luz natural no período diurno. Tendo mesas e cadeiras de madeira, balcões também de madeira, refrigeradores para bebidas e uma pia para higienização de copos, em anexo também se encontra dois banheiros, sendo um feminino e outro masculino.

Figura 4. Salão principal e área de atendimento;



A cozinha encontra-se em anexo ao salão principal, com área aproxima de 16 m² o espaço possui três portas, obtendo acesso para o salão principal, depósito e área externa, a cozinha também apresenta uma janela grande (tipo deslizante) a qual permite grande entrada de luz natural. O piso da cozinha tem revestimento cerâmico branco e suas paredes possuem pintura branca com tinta *epóxi* a qual facilita sua lavagem, assim como o salão principal a iluminação é feita por uma luminária tipo calha com lâmpadas tipo fluorescentes.

É na cozinha onde ocorre a preparação dos alimentos, ocorre à higienização, preparo e cocção dos lanches antes de irem para o salão. No mesmo local ocorre a higienização dos utensílios vindos do salão. Os processos de higienização e preparo dos alimentos e as higienizações dos utensílios do salão são feitos em locais separados, por isso a cozinha possui duas pias uma para cada função.

A cocção dos lanches é feita através de um fogão tipo *cooktop* e chapa, ambos possuem uma coifa em aço inox para retirada de vapor, fumaça e calor proveniente do processo. A cozinha possui ainda duas geladeiras para armazenagem dos alimentos perecíveis, com temperaturas que variam entra 10 e -4°C, uma mesa auxiliar central e umas micro-ondas.

Figura 5. Cozinha;



Ao lado da cozinha se encontra o depósito que tem aproximadamente 8,5 m² com acesso através de um corredor, o depósito possui duas portas de madeira, uma tem acesso ao salão e a outra para a cozinha. No depósito se encontra um forno, uma mesa de apoio e armários para armazenagem de produtos em estoque. O revestimento do piso do depósito possui revestimento cerâmico branco e as paredes possuem pintura branca, existe uma janela pequena (tipo basculante) a qual permite pouca entrada de luz, a iluminação é feita através de uma luminária comum (tipo soquete) com lâmpada de bulbo tipo *led*.

Para a montagem do mapa de risco do local utilizou-se uma avaliação qualitativa através de um *checklist*, com base nos riscos que são descritos na norma regulamentadora 5 (NR5) e portaria número 25 de 29 de dezembro de 1994. Com o *checklist* em mãos o avaliador passou um dia de trabalho junto com os funcionários, com isso, pode-se observar os riscos em cada posto de trabalho e em diversos momentos do dia. Sendo que alguns riscos só aparecem em horário de grande movimento, tornando necessária a avaliação do expediente de trabalho integral. Após a avaliação do local com o *checklist* em mãos compilou-se os dados para a montagem do mapa de riscos, e usando o programa *Autocad* 2016 criou-se a planta baixa do local e simbolizou-se seus riscos através de círculos e cores de acordo com o referencial descrito acima.

3. Resultados e Discussões

3.1. Identificação dos riscos ambientais e prevenção

A Tabela 1. apresenta os riscos encontrados durante análise *in loco* na empresa do estudo.

Tabela 1. Identificação dos riscos ambientais no local do estudo;

SETOR	TIPO DE RISCO	GRAU DE RISCO	DESCRIÇÃO
Recebimento/ armazenagem	ergonômico	médio	esforço físico, levantamento de peso;

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

Preparo dos alimentos	físico	pequeno	ruído, umidade, calor;
	químico	pequeno	fumaças, vapores;
	biológico	pequeno	microrganismos
	ergonômico	médio	postura inadequada, ritmo excessivo, repetitividade;
	acidentes	médio	piso molhado ou engordurado, equipamentos sem proteção, trabalho com facas, queimaduras;
Higienização dos utensílios	físico	médio	umidade;
	químico	pequeno	produtos de limpeza;
	ergonômico	médio	postura inadequada, repetitividade
	acidentes	pequeno	arranjo inadequada, piso molhado;
salão para refeições	ergonômico	pequeno	postura inadequada, ritmo excessivo, repetitividade;
	acidentes	pequeno	arranjo inadequado, piso molhado;

Depois de realizado levantamento dos locais e condições de trabalho desenvolvido pelos funcionários, e se averiguado as atividades desenvolvidas no local de trabalho de cada funcionário. Foi realizada a classificação dos riscos ambientais existentes no local de estudo, foi encontrada a situação elencada na Tabela 1.

A Tabela 1 apresenta os setores que apresentaram riscos, mas os riscos ergonômicos e de acidentes se repetiram em todos os setores. O trabalho em uma lanchonete apresenta momentos onde o ritmo de trabalho se torna excessivo e com muita repetitividade. Uma alternativa seria alternar os dois funcionários de função, já que ambos possuem a habilidade de atender todos os setores.

Para Carvalho (2012) a elevação e o transporte de objetos pesados são uma das principais causas das dores lombares, enquanto as atividades repetitivas ou que exigem esforço físico e uma postura inadequada estão associados a lesões dos membros superiores. As lesões musculoesqueléticas resultantes da movimentação manual de cargas e do trabalho repetitivo são muito frequentes nesta atividade.

Segundo Mendes (2014) para prevenir a ocorrência de posturas incorretas e lesões musculoesqueléticas, no estabelecimento O Forno existe uma preocupação em dispor o espaço de trabalho por forma a manter acessíveis os equipamentos e utensílios de utilização mais frequente e a assegurar uma arrumação prática e eficaz das prateleiras e armários, em disponibilizar apoios mecânicos para o transporte de cargas (carrinhos de rodas) e o provisionamento de cargas pequenas e leves.

Na área de recebimento e armazenagem o risco existente é o risco ergonômico de postura inadequada ao levantar peso, este risco é de fácil correção com a instrução dos trabalhadores da forma correta de se erguer cargas, onde no local será afixado um cartaz indicativo com a postura correta ao levantar peso. Segundo Carvalho (2012) as quedas do tipo escorregadelas e tropeções são uma das causas mais comuns de acidentes neste sector. São causadas, principalmente, por água, resíduos de alimentos ou gordura no pavimento, sendo agravadas com o uso de calçado inadequado, caminhar demasiado depressa e distração. Para Mendes (2014) como medidas preventivas em face de este perigo e ao risco associado de queda, a equipa de trabalho do estabelecimento o Forno utiliza calçado adequado e antiderrapante, utiliza a sinalização de piso molhado quando aplicável e mantém a área de trabalho limpa e a limpeza de derrames de substâncias é feita no imediato.

Quantos aos riscos de acidentes, os mais observados foram os de quedas em decorrência do piso molhado nos momentos de maior atividade na higienização de alimentos e utensílios, no momento de fritura também pode ocorrer o engorduramento do piso, também ocorre queimaduras, cortes e mutilações ao se trabalhar com facas no preparo das refeições. Sugerem-se como medidas de prevenção treinamento dos funcionários para o uso correto dos EPIs e utilização de boas práticas no ambiente de trabalho, e a lavagem do piso após a etapa de fritura e também ao final do expediente. Em algumas situações durante o preparo das refeições constatou-se o arranjo físico inadequado, o que pode ser solucionado com uma reestruturação no modelo de preparação dos alimentos atual.

Mendes (2014) afirma que como medidas preventivas, todas as facas e tesouras são mantidas afiadas e em bom estado de conservação e arrumação, a sua limpeza é feita em separado dos restantes utensílios e é utilizada uma tábua de corte adequada em tamanho e resistência face ao alimento a preparar. Os equipamentos de corte são mantidos com as suas proteções, para prevenir a ocorrência de cortes dos trabalhadores durante a sua utilização. Como forma de prevenir a ocorrência de queimaduras, no estabelecimento O Forno, os trabalhadores são formados e frequentemente incentivados e orientados no que diz respeito à manipulação de materiais quentes e à utilização de equipamentos de proteção individual adequados. De acordo com Carvalho (2012) Na restauração, as tarefas executadas exigem na sua maioria que os trabalhadores estejam constantemente de pé, provocando uma sobrecarga nas pernas, dando origem: acumulação de líquidos nos pés e tornozelos, varizes, má circulação sanguínea nas pernas, fadiga muscular localizada nas pernas, cansaço e falta de atenção.

Grande parte das atividades realizadas na lanchonete necessita do uso de água, como a limpeza dos ambientes, e higienização de utensílios e alimentos, as quais propiciam um ambiente de trabalho úmido. Também se destaca a exposição dos funcionários ao calor, vapores e fumaça advindo do fogão e chapa, ao frio pela abertura de freezers e geladeiras, e ao ruído constante de alguns equipamentos. Como medidas de preventivas indicam-se o uso de luvas e aventais durante a limpeza e higienização dos locais, alimentos e utensílios, o uso regular das coifas para retirada do calor e substituição dos equipamentos que não se encontrarem em conformidade com a norma.

Para Mendes (2014) as medidas preventivas existentes são a ventilação e climatização dos locais de trabalho e especialmente na cozinha, a existência de períodos de repouso em zonas mais frescas por forma a aliviar a tensão causada pela exposição ao calor, a manutenção de água acessível ao trabalhador, para que possa hidratar-se e compensar o aumento de temperatura corporal e a descida da tensão arterial induzidas pelo calor e ainda a utilização de fardas confortáveis e transpiráveis. Carvalho (2012) afirma que na restauração o maior problema no ambiente térmico é a temperatura elevada existente, sendo este parâmetro mais influenciado pela umidade. As temperaturas baixas são mais influenciadas pela velocidade do ar, parâmetro que não tem tanto impacto neste setor. A utilização de determinados equipamentos para confeccionar os alimentos (fogões a gás, grelhadores a carvão, etc.) produzem gases nocivos (CO e CO₂) que podem atingir concentrações perigosas.

Os riscos químicos apresentados estão nos produtos químicos utilizados na limpeza e higienização de locais alimentos e utensílios. Observou-se também a presença de gases, vapores e fumaça na cocção dos alimentos. Sugere-se como medida preventiva o uso de luvas e máscaras, e a utilização regular da coifa e exaustor. Para Carvalho (2014) os riscos biológicos estão presentes nos alimentos, em particular nos produtos de origem animal crus. Os riscos biológicos também podem ter origem no

contato com os resíduos alimentares, os materiais sujos dos clientes, nas pragas, por acumulação de sujeira e através do ar contaminado.

Na cozinha ainda há a presença de riscos biológicos, pois pode ocorrer a presença de microrganismos nos alimentos a serem higienizados, aconselha-se o uso de luvas e aventais na manipulação dos alimentos. Ainda é necessário ressaltar a importância da realização do treinamento para todos os funcionários envolvidos nas atividades desenvolvidas no ambiente de trabalhos, ressaltando os tipos de riscos e intensidade aos quais todos estão expostos. A adoção de medidas preventivas e ações que minimizem ou eliminem acidentes de trabalho, contribuem para que haja um ambiente de trabalho seguro e com trabalhadores saudáveis e felizes.

Figura 09 – Mapa de Risco da Lanchonete Robile;



Após a avaliação e criação do mapa de riscos nota-se que apesar de alguns riscos serem atenuados com a utilização correta de EPIs eles não deixam de existir, a partir disto é de extrema importância que todos os funcionários do local tenham conhecimento dos riscos que lá existem. Sendo assim todos os envolvidos nos processos existentes no estabelecimento acabam por desenvolver um comportamento da prevenção, evitando acidentes e doenças de trabalho. Também através desta atitude prevencionista o colaborador terá uma mudança de consciência alertando ao proprietário a existência de novos riscos que venham a surgir.

Para Mendes (2014) não existem situações totalmente isentas de risco, mesmo que sejam tomadas todas as medidas preventivas e de controle. Existe sempre risco, e a existência intrínseca de risco nos locais de trabalho deve ser analisada em termos da sua aceitabilidade para a empresa. O mapa de risco da lanchonete foi desenvolvido a partir das informações descritas na NR5, obedecendo à metodologia descrita na literatura. Este mapa de risco deverá ser afixado em local visível e de fácil acesso no local de trabalho, a Figura 4 apresenta o mapa de risco dos locais de trabalho da lanchonete.

4. Conclusão

O mapeamento de risco é uma medida prevencionista de extrema importância no local de trabalho, a partir dele o empregador pode observar pontos vulneráveis em sua planta, o que permite melhorias no local evitando assim doenças e acidentes de trabalho diminuindo perdas ou quedas na produção. Também deve ser considerado o mapa de risco um instrumento para que o colaborador tome consciência dos locais onde atos inseguros podem se tornar um grande problema, sendo que assim o trabalhador seguirá todas as instruções e normas de segurança descritas para o local de trabalho.

Neste trabalho evidenciou-se em todos os postos de trabalho da lanchonete têm algum risco de pequena e média gravidade, mas todos eles podem ser diminuídos ou eliminados com algumas atitudes simples, como remanejamento de turnos e pessoal e rearranjo de posições na cozinha, também se faz necessário o uso de EPIs apropriados. Como medida inicial deve ser feito a capacitação e treinamento do pessoal quanto às novas medidas a serem tomadas nos locais de trabalho, assim como a interpretação do mapa de risco para que todos os colaboradores tenham o extinto prevencionista que se espera com este trabalho.

A principal função do mapa de risco é ser uma medida prevencionista no local de trabalho, os riscos tanto podem ser observados pelo avaliador quanto indicado pelos colaboradores. Todos os envolvidos na elaboração do mapa de riscos acabam aderindo à atitude de cuidado e proteção a vida humana, com um custo equilibrado complementando então as medidas de segurança do ambiente de trabalho. Com isso o local se torna adequado a legislação vigente na NR5 e portaria 25 de 29 de dezembro de 1994, sendo assim em conformidade para emissão de todos os alvarás, como de funcionamento, vigilância sanitária, bombeiros e polícia militar. Com poucas mudanças e adequações a lanchonete se tornará um local de trabalho salubre isto significa que com pouco gasto e esforço e todos ganharão. Os funcionários que terão sua saúde preservada e o empregador que terá seu estabelecimento funcionando dentro das normas evitando assim penalidades e paralização dos processos de produção por acidentes ou afastamento de seus colaboradores.

Referências

CARVALHO A. C. S. **Identificação e Avaliação de Riscos da "Casa de Frangos de Portugal"**. Escola Superior de Ciências empresariais, 2012. Disponível em: <<https://comum.rcaap.pt/bitstream/10400.26/3881/1/Projecto%20final%20PDF.pdf>> Acesso em: 26/09/17.

CHAVES, A. **O Que é Mapa de Riscos: Área Saúde e Segurança do Trabalho**. Disponível em: <<http://areasst.com/o-que-e-mapa-de-riscos/>> Acesso em: 01/09/17.

FALANDO DE PROTEÇÃO. **Mapa de Risco: Aprenda como fazer e descubra seus benefícios**. Disponível em: <<http://falandodeprotecao.com.br/mapa-de-risco-aprenda-como-fazer-e-descubra-seus-beneficios/>>. Acesso em: 04/09/17.

FEDERAÇÃO DAS INDÚSTRIAS DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO - FINDES. **Segurança do trabalho**. Disponível em: <<https://eadsenai.com.br/cursos-senai/seguranca-do-trabalho/>> Acesso em: 03/09/17.

GARDINALLE, J.R. **Manual de prevenção de acidentes e doenças do trabalho. 2017.** Disponível em: <http://www.trajanocamargo.com.br/wp-content/uploads/2012/05/seguranca_no_trabalho.pdf> Acesso em: 22/09/17.

MENDES, J. F. S. **Projeto Individual em Contexto Real de Trabalho: Avaliação de Riscos em Restauração.** Mestrado em Segurança e Higiene no Trabalho. Escola Superior de Ciências Empresariais, Setúbal, 2014.

ODDONE, I. et. al. **Ambiente de trabalho: a luta dos trabalhadores pela saúde.** São Paulo: Editora Hucitec, 1986.

SANTOS, J. **Introdução à engenharia de segurança: Mapa de risco. Centro Universitário Fundação Santo André (FSA-FAENG).** Engenharia de Produção - Versão 1.0.8.8. Disponível em: <<https://docente.ifsc.edu.br/felipe.camargo/MaterialDidatico/MECA%201%20-%20SEG.%20DO%20AMB.%20E%20DO%20TRAB./mapa%20de%20risco.pdf>> Acesso em: (10/09/17).

ZOCCHIO, A. **Prática da prevenção de acidentes: ABC da segurança do trabalho.** 6. Ed. Ver. E ampl. São Paulo. Editora Atlas, 1996.

CHAVES, A. **O Que é Mapa de Riscos: Área Saúde e Segurança do Trabalho.** Disponível em: <<http://areasst.com/o-que-e-mapa-de-riscos/>> Acesso em: 01/09/17.

Implantação de ferramentas para gestão dos recursos hídricos para fins não potáveis em condomínio residencial no município de Caçador, Santa Catarina, Brasil

Deployment tool for the management of water resources for non potable purposes in residential condominium in the municipality of Caçador, Santa Catarina, Brazil.

Djanecler Alves¹, Roger Francisco Ferreira de Campos², Tiago Borga³

¹ Engenheira Civil pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

² Mestrando em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC, docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

³ Mestrando em Desenvolvimento e Sociedade pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP, docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP.

{djanecler@yahoo.com.br; roger@uniarp.edu.br; tiagoborga@gmail.com}

Resumo. O desenvolvimento urbano apresenta impactos significativos no meio ambiente, necessitando de medidas sustentáveis para minimização da poluição ocasionada pela interação antropogênica. Portanto, o presente trabalho tem como objetivo apresentar uma proposta técnica com referência à captação e utilização de águas pluviais para fins não potáveis, para, foi realizado um estudo de caso em um condomínio residencial horizontal do município de Caçador/SC, composto de sessenta e seis sobrados e dois quiosques. Tendo em vista os problemas de escassez de água com os quais sofremos atualmente, e que se agravarão em médio prazo, torna-se interessante buscar novas fontes de abastecimento de água que venham a suprir as demandas atuais e futuras de consumo. A proposta visa especialmente à questão ambiental com foco na sustentabilidade, gerenciando os recursos hídricos do condomínio de maneira que o uso das águas pluviais supra consideravelmente a demanda do consumo de água potável em usos sem a necessidade da utilização de água potável, onde o manejo da água sobre o condomínio visa utilizar conceitos naturais para tratamento como, por exemplo, a utilização de areia e carvão ativado para seu tratamento da água da chuva.

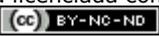
Palavras-chaves: Sustentabilidade. Reaproveitamento de Água. Águas pluviais.

Abstract. *Urban development has significant impacts on the environment, requiring sustainable measures to minimize pollution caused by anthropogenic interaction. Therefore, the present work has as objective to present a technical proposal with reference to the abstraction and use of rainwater for non potable purposes, for, a case study was carried out in a horizontal residential condominium of the municipality of Caçador/SC, composed of sixty six townhouses and two kiosks. In view of the water scarcity problems that we are currently experiencing and which will worsen in the medium term, it is interesting to seek new sources of water supply that will meet the current and future demands of consumption. The proposal focuses specifically on the environmental issue with a focus on sustainability, managing the water resources of the condominium so that the use of rainwater supra considerably the demand of the consumption of drinking water in uses without the need of the use of drinking water, where the management of the water on the condominium aims to use natural*

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

concepts for treatment such as the use of sand and activated carbon for its treatment of rainwater.

Key words: *Sustainability. Water Reuse. Rainwater.*

1. Introdução

A quebra dos valores e crenças que sustentaram o tripé da sustentabilidade desde a segunda metade do século XX até a atualidade apresenta uma velocidade das mudanças, dispendo da principal característica do mundo contemporâneo, ao mesmo tempo em que sinaliza a nossa incapacidade de compreender a realidade em sua totalidade (SPOSITO, 2015).

O homem em seu desenvolvimento utiliza os recursos naturais do planeta de forma desordenada, como isso, às consequências dos desgastes aos ecossistemas naturais. A sustentabilidade está sendo um tema abordado na atualidade devido às diversas interações do homem com a natureza, aonde vem influenciando diversas áreas de conhecimento e setores da economia, preocupando profissionais e consumidores com o futuro do meio ambiente (JANSEEN; VAN DER BERGH, 2000).

A construção civil desde sua execução até seu uso como um todo, está entre os maiores causadores de danos ao meio ambiente, no entanto, a cada dia surgem novas tecnologias, técnicas e materiais. Que geram menor impacto ao meio ambiente, além de contribuir com o conforto térmico ou a redução do consumo de energia (OCTAVIANO, 2015).

Existem no mercado, inúmeras opções de recursos de origem sustentáveis que podem ser aplicados em edificações, embora o ideal seja que as mesmas já sejam projetadas e executadas dentro de planos sustentáveis, visto que a maioria das construções do Brasil ainda é edificada com pouco ou nenhum recurso voltado para este segmento (RIOS, 2014).

A disponibilidade *per capita* de água potável de boa qualidade em todos os países desenvolvidos e em desenvolvimento vem diminuindo, em grande parte pela degradação da água causada por esgotos, poluição industrial, produtos químicos, excesso de nutrientes e eutrofização por algas (BRAGA et al., 2005). Fato que leva a preocupação constante com este recurso. Uma das soluções para este problema é a substituição da água potável utilizada nas residências, por água de qualidade inferior, destinando-as para fins menos nobres, como lavagem de pisos, calçadas, garagens, descargas de banheiros, regas de jardim, entre outros, reduzindo a demanda sobre os mananciais (FIORI; FERNANDES; PIZZO, 2005).

Á água da chuva é um recurso hídrico acessível de toda população independente das condições econômicas e sociais, assim como o tratamento e reuso das águas negras e das águas cinzas que são recursos possíveis de serem utilizados para economia financeira e do desgaste ambiental. Portanto, o presente trabalho tem por objetivo desenvolver um projeto sustentável, para a implantação de um sistema de aproveitamento de águas pluviais de um condômino horizontal residencial do município de Caçador/SC, para uma adequação ambiental e responsabilidade social.

2. Materiais e Métodos

O estudo foi empregado no Condomínio Residencial Vale das Araucárias, localizado no município de Caçador, Santa Catarina, Brasil. O Condomínio do estudo possui 66 unidades de sobrados e 02 quiosques, possuindo um total de 6.298,95 m², onde as 68 edificações utilizaram 1979,28 m², ou seja, uma taxa de 31,42% de ocupação do

solo. A área comum com gramado/jardim é de aproximadamente 550,00 m² e a área comum com calçadas e demais utilizações, foram construídas em *paver* impermeável e tem aproximadamente 1000,00m².

Os dados técnicos foram obtidos através dos projetos: arquitetônico, hidrossanitário e drenagem pluvial do condomínio, bem como do memorial descritivo, ambos fornecidos pela empresa executora do empreendimento. No presente estudo serão consideradas as águas pluviais para aproveitamento, considerando o grau de purificação, a respeito das águas pluviais, vamos considerar a área de captação, exclusivamente os telhados das residências, lembrando que são três modelos diferentes e mais o modelo dos quiosques.

Diante da pesquisa bibliográfica desenvolvida, será proposto projeto com os cálculos, dimensionamentos e soluções técnicas necessárias para a adaptação do Condomínio Vale das Araucárias no que diz respeito à utilização das águas pluviais, onde seu volume excedente será despejado na rede pública.

A utilização das águas pluviais será nos vasos sanitários de todos os sobrados, bem como em torneiras externas de uso coletivo do condomínio.

Foram revistos os projetos arquitetônicos e hidrossanitário utilizados na construção do empreendimento para adaptação, bem como os memoriais descritivos da época de construção das edificações. Os cálculos de vazão, áreas de captação, áreas de utilização das águas tratadas, áreas dos reservatórios e demais cálculos necessários, foram realizados manualmente ou com auxílio de planilhas do *software Microsoft Office Excel*, com fórmulas fornecidas em sua grande maioria pelas normas técnicas da ABNT ou por métodos já testados e aprovados por pesquisadores e os projetos elaborados através do *software Autocad*.

3. Resultados e Discussões

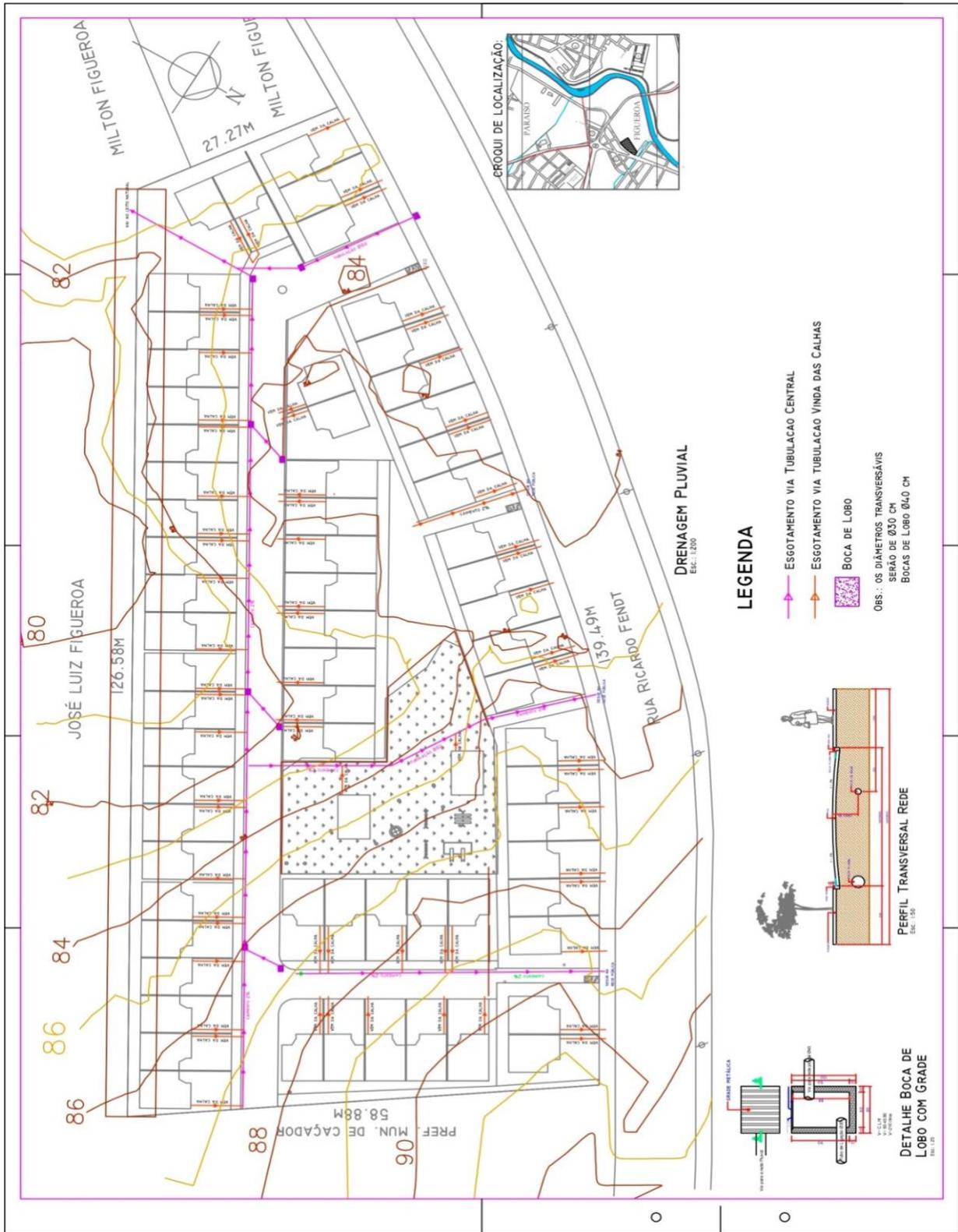
3.1. Situação atual do empreendimento

O sistema atual de drenagem de águas pluviais do condomínio em questão corresponde à captação da água oriunda desde os telhados, quanto da área externa, passando pelas vias de acesso, valas específicas, bocas de lobo e condutores, até o despejo do mesmo na rede pública pluvial, conforme Figura 1.

O lançamento das águas pluviais se dá na rede pública com ligação na Rua Ricardo Fendt. A captação da água do condomínio Residencial é efetuada em rede de água tratada existente da concessionária atuante no município, com ligação na Rua Ricardo Fendt. Desta, tem ligação direta a cada uma das unidades autônomas, passando pelos medidores individuais e seguindo ao reservatório de água. Toda a tubulação utilizada dentro das unidades é autônoma e específicas para água.

As instalações hidráulicas são individuais e cada residência tem sua entrada de água, com medidor instalado pela concessionária e reservatório próprio. As caixas de descarga são do tipo acoplado ao vaso sanitário e existe um medidor separado, o qual é designado como comum do condomínio, onde estão ligadas as áreas de lazer do mesmo.

Figura 2. Esquema Drenagem Pluvial do Condomínio;



3.2. Alternativas sustentáveis e seus benefícios

Levando em consideração os estudos, os índices pluviométricos de Caçador, a disposição e espaços do empreendimento em questão, acredita-se que o local tem potencial para captação das águas pluviais e seu uso no próprio condomínio.

Os levantamentos bibliográficos e pesquisas relacionadas à sustentabilidade com ênfase no aproveitamento de águas pluviais deste trabalho serviram de base para a proposta de um projeto sustentável dentro destas delimitações no Condomínio, assim como o projeto arquitetônico, hidrossanitário e de águas pluviais já existentes servirão de base para um novo dimensionamento.

Nesta proposta, vamos realizar os cálculos para os devidos dimensionamentos, procurando aproveitar de às águas pluviais, a proposta consiste na determinação dos dimensionamentos necessários para um sistema que capte as águas pluviais dos telhados das residências e dos quiosques, passando por um tratamento natural composto de um tanque de retenção de sólidos, seguido por filtro de areia e filtro de carvão ativado, sendo armazenado em reservatório que através de bombeamento, distribuirá esta água aos reservatórios que abastecem os vasos sanitários. Esta cisterna também contará com um dispositivo de abastecimento de água da rede pública, caso seu volume esteja precário e para que não ocorra a falta de abastecimento de água para tais finalidades no condomínio. Um meio filtrante bastante utilizado para purificar a água é o sistema de carvão ativado, ele é um excelente adsorvente utilizado para remover moléculas orgânicas pequenas que conferem à água sabor, odor e cor desagradáveis (CAMPOS; AZEVEDO, 2013).

A implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de efluentes domésticos proporciona significativos benefícios, tanto na redução no consumo de água potável quanto no volume de águas residuais produzidas e, no caso de sistemas de águas pluviais, contribuem inclusive para a diminuição do risco de cheias (SANTOS et al., 2011). Segundo Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente - ENGEPLAS (2015), estes serviços apresentam entre 15% a 20% a mais nos custos hidráulicos da obra, mas a economia pode atingir 30% nas contas mensais dos moradores, esta empresa também cita que a vantagem da instalação de um projeto de captação de águas pluviais em edificações e empreendimentos, pode promover economia de água potável e retorno financeiro em torno de dois anos, embora o custo da obra seja variável a cada caso, sem contar a grande contribuição para o meio ambiente e redução de enchentes, pois a água de chuva que cai sobre os telhados e/ou pisos é descartada pela rede de águas pluviais, sendo desperdiçada pela rede pública.

A ECOCASA (2015) calcula o retorno financeiro de acordo com a economia que o sistema de aproveitamento de água da chuva pode gerar, podendo chegar à maioria dos casos em uma redução de 50% do volume de água potável consumida da rede pública, assim, considerando as condições climáticas e a tarifa atual de água, informa que o investimento para implantação deste sistema pode retornar o valor investido em aproximadamente dois anos para o seguimento industrial e cinco anos para o residencial.

Utilizando-se a captação da água da chuva e aproveitando-a para uso no condomínio o Condomínio em questão obterá ganhos em valores monetários a médio ou longo prazo, mas um benefício muito significativo em curto prazo com questões ambientais, inclusive pela retenção da água nas cisternas e seu ciclo de utilização que evitam que certo volume escoe de forma convencional, contribuindo com acontecimento das enchentes e alagamentos tão comuns em nosso município.

Tomando por base que os investimentos retornarão de forma financeira entre dois a quatro anos e que haverá custos para esta implantação dos novos sistemas de captação e utilização das águas pluviais, e talvez não sejam tão baixos, estimamos que o projeto é coerente tanto financeiramente em poupar água potável vindo da companhia de saneamento pública, e principalmente com ganhos ambientais imensos diante da preocupação que se abate sobre a escassez da água no planeta. Segundo Macedo (2015), a Agência Nacional de Águas - ANA estabelece os critérios gerais para reutilização de água potável, mas a normatização específica para os prédios comerciais e residenciais ainda não existe.

3.3. Dimensionamentos para captação e utilização das águas pluviais

A NBR 15527 (ABNT, 2007) fornece os requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas urbanas para fins não potáveis, informando que no âmbito residencial, estas podem ser utilizadas para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, limpeza de pátios e para espelhos d'água.

Conforme já visto anteriormente, os sistemas de coleta de águas pluviais, em geral, apresentam alguns componentes em comum, denominados componentes primários, que são: superfícies de captação, reservatórios, mecanismos de filtragem e distribuição. Eles podem apresentar modificações e variações conforme os objetivos de cada projeto. Custos, materiais disponíveis, confiabilidade, precipitação hídrica local e finalidade da água coletada são parâmetros fundamentais para a elaboração de um bom projeto de captação de água de chuva.

O Sistema de captação de águas pluviais destina-se exclusivamente ao seu recolhimento e condução, não se admitindo quaisquer interligações com outras instalações prediais.

E a NBR 15527 (ABNT, 2007) fornece os requisitos para aproveitamento de água de chuva de coberturas urbanas para fins não potáveis, informando que no âmbito residencial, estas podem ser utilizadas para descargas em bacias sanitárias, irrigação de gramados e plantas ornamentais, lavagem de veículos, limpeza de calçadas, limpeza de pátios e para espelhos d'água.

Conforme previsto na NBR 10844 (ABNT, 1989), o sistema de captação e esgotamento das águas pluviais do condomínio, serão coletados separadamente da rede de esgotos sanitários e demais redes de água existentes.

3.4. Fatores meteorológicos

O estudo da precipitação pluvial visa obter dados para o projeto de meios de coleta e condução das águas da chuva o mais rapidamente possível aos cursos d'água, lagos ou demais destinos, a fim de evitar inundações (MACINTYRE, 1987). O índice pluviométrico é uma medida em milímetros, resultado da somatória da quantidade da precipitação de água (chuva, neve, granizo) num determinado local durante um dado período de tempo. Com referência ao estudo de caso que será realizado na cidade de Caçador/SC, os dados referentes à precipitação média em cada mês do ano e também a precipitação média total foram obtidos junto a Estação Experimental da EPAGRI deste município e será usada nos cálculos necessários a viabilidade do projeto, conforme Tabela 2. foi estipulada uma média de 268,5 L/mês.

Tabela 2. Precipitação município de Caçador/SC – 2016/1;

	Jan		Fev		Mar		Abr		Mai		Jun	
Ano	dias	mm										
2013	8	150	19	163	14	176	7	91	11	96	15	256
2014	19	345	10	136	19	170	9	151	12	145	14	414
2015	9	633	2	452	15	522	9	302	9	336	9	188
Total	36	1128	31	750	48	868	25	544	32	577	38	859
Média	12	376	10	250	16	289	8	181	11	192	13	286

Fonte: EPAGRI, (2016).

Tabela 3. Precipitação município de Caçador/SC – 2016/2;

	Jul		Ago		Set		Out		Nov		Dez	
Ano	dias	mm										
2013	8	107	11	202	13	340	11	122	10	91	13	164
2014	8	55	10	127	14	314	5	59	14	255	17	160
2015	19	268	12	513	14	958	12	300	11	435	14	479
Total	35	429	33	841	41	1613	28	481	35	781	44	802
Média	12	143	11	280	14	538	9	160	12	260	15	267

Fonte: EPAGRI, (2016).

3.5. Condições específicas de acordo com a NBR 10844/89

O período de retorno é calculado baseado nas características da área a ser drenada, em que para o empreendimento em estudo será adotado $T = 1$ ano, que foi determinado para áreas pavimentadas, onde impositivos possam ser tolerados e a duração da precipitação deve ser fixada em $t = 5$ minutos.

Quanto à intensidade de precipitação (I) caso a área de projeção excedesse a 100m^2 deveríamos utilizar tabela específica da NBR 10844 (ABNT, 1989), onde identifica as chuvas intensas no Brasil, porém, como as edificações do condomínio em questão, não excedem este limite, (I) a ser adotada deve ser de 150 mm/h .

3.6. Área de contribuição

É a soma das áreas das superfícies que, interceptando a chuva, conduzem as águas para determinado ponto da instalação (ABNT, 1989). O volume das águas pluviais provenientes dos telhados será contabilizado de sessenta e seis sobrados e dos dois quiosques, em virtude destas superfícies estarem menos suscetíveis a contaminações prejudiciais à saúde dos seres humanos, facilitando desta maneira o tratamento para seu uso no condomínio.

No cálculo da área de contribuição, devem-se considerar os incrementos devidos à inclinação da cobertura e às paredes que interceptem água de chuva que também deve ser drenada pela cobertura (ABNT, 1989).

a) Cálculo da área de contribuição telhado tipo 1 – platibanda com duas águas:

Área inclinada:

$$A1.1 = (a + h/2).b$$

$$A1.1 = (3,99 + 1,22/2).5,00$$

$$A1.1 = 23,00\text{m}^2$$

Área inclinada:

$$A1.2 = (a + h/2).b$$

$$A1.2 = (3,04 + 1,22/2).3,22$$

$$A1.2 = 11,75\text{m}^2$$

Área inclinada:

$$A1.3 = (a + h/2).b$$

$$A1.3 = (0,99 + 1,55/2).1,63$$

$$A1.3 = 2,88\text{m}^2$$

Alvenaria da platibanda:

$$Ap1 = ab/2$$

$$Ap1 = (1,35 \times 3,99)/2$$

$$Ap1 = 2,69\text{m}^2$$

Alvenaria da platibanda:

$$Ap2 = ab/2$$

$$Ap2 = (1,35 \times 3,04)/2$$

$$Ap2 = 2,05\text{m}^2$$

Alvenaria da platibanda:

$$Ap3 = ab/2$$

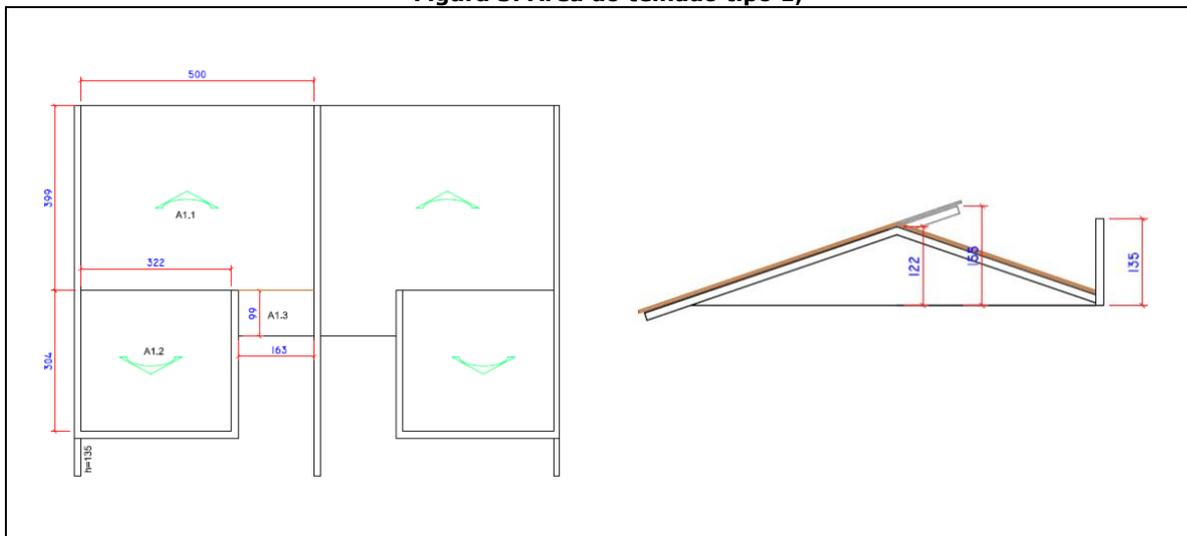
$$Ap3 = (1,35 \times 0,99)/2$$

$$Ap3 = 0,69\text{m}^2$$

$$\text{Total} = 23,00 + 11,75 + 2,88 + 2,69 + 2,05 + 0,69 = 43,06\text{m}^2$$

Os esquemas abaixo indicam as medidas utilizadas.

Figura 3. Área do telhado tipo 1;



b) Cálculo da área de contribuição telhado tipo 2 – misto com uma água e platibandas:

Área inclinada:

$$A2.1 = (a + h/2).b$$

$$A2.1 = (4,98 + 1,85/2).5,00$$

$$A2.1 = 29,53\text{m}^2$$

Área inclinada:

$$A2.2 = (a + h/2).b$$

$$A2.2 = (2,05 + 1,24/2).3,22$$

$$A2.2 = 8,60\text{m}^2$$

Alvenaria da platibanda (total)

$$Ap2 = ab/2$$

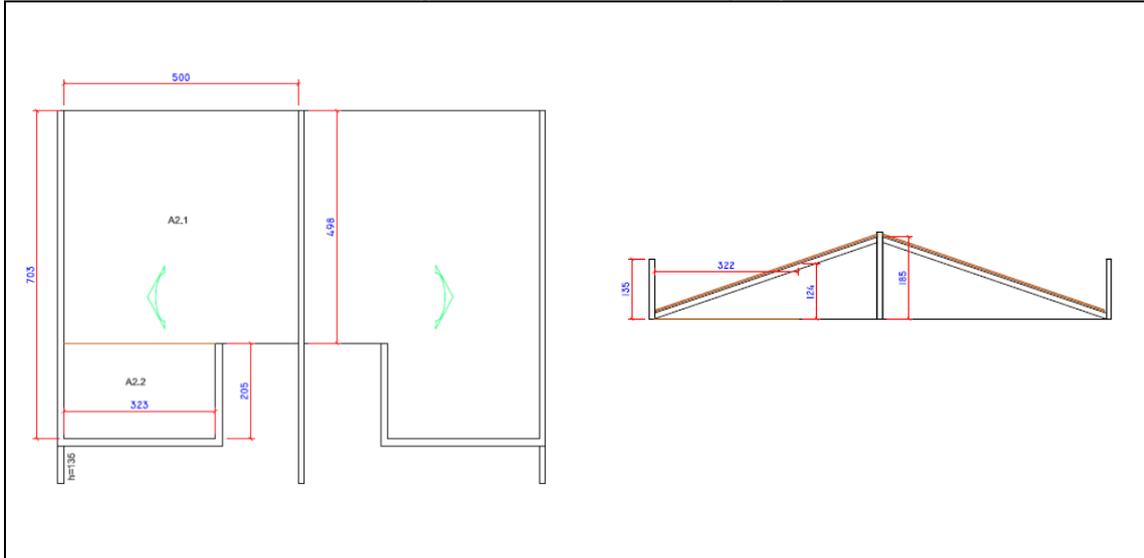
$$Ap2 = (1,36 \times 7,03) / 2$$

$$Ap2 = 4,78\text{m}^2$$

$$\text{Total} = 29,53 + 8,60 + 4,78 = 42,91\text{m}^2$$

Os esquemas abaixo indicam as medidas utilizadas.

Figura 4. Área do telhado tipo 2;



c) Cálculo da área de área de contribuição telhado tipo 3 – normal com uma água:

Área inclinada:

$$A2.1 = (a + h/2).b$$

$$A2.1 = (4,98 + 1,85/2).5,00$$

$$A2.1 = 29,53m^2$$

$$\text{Total} = 29,53 + 15,82 = 45,35m^2.$$

Área inclinada:

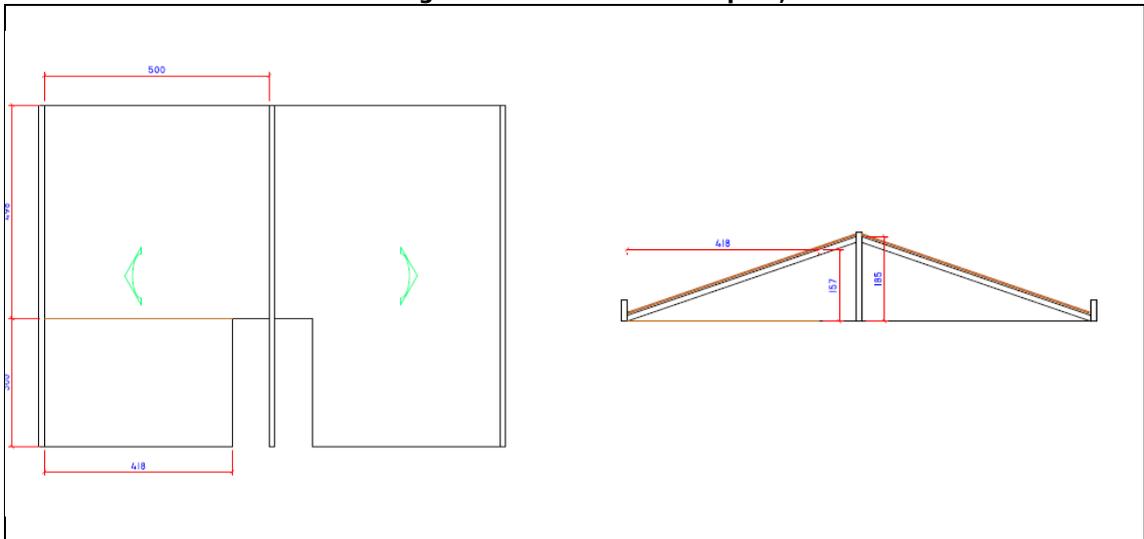
$$A2.2 = (a + h/2).b$$

$$A2.2 = (3,00 + 1,57/2).4,18$$

$$A2.2 = 15,82m^2$$

Os esquemas abaixo indicam as medidas utilizadas.

Figura 5. Área do telhado tipo 3;



d) Cálculo da área de área de contribuição telhado do quiosque com duas águas:

Área inclinada:

$$A2.1 = (a + h/2).b$$

$$A2.1 = (2,70 + 1,04/2).7,40$$

$$A2.1 = 23,83m^2$$

$$\text{Total} = 23,83 \times 2 = 47,66m^2$$

Os esquemas a seguir indicam as medidas utilizadas.

Figura 6. Área do telhado do quiosque;

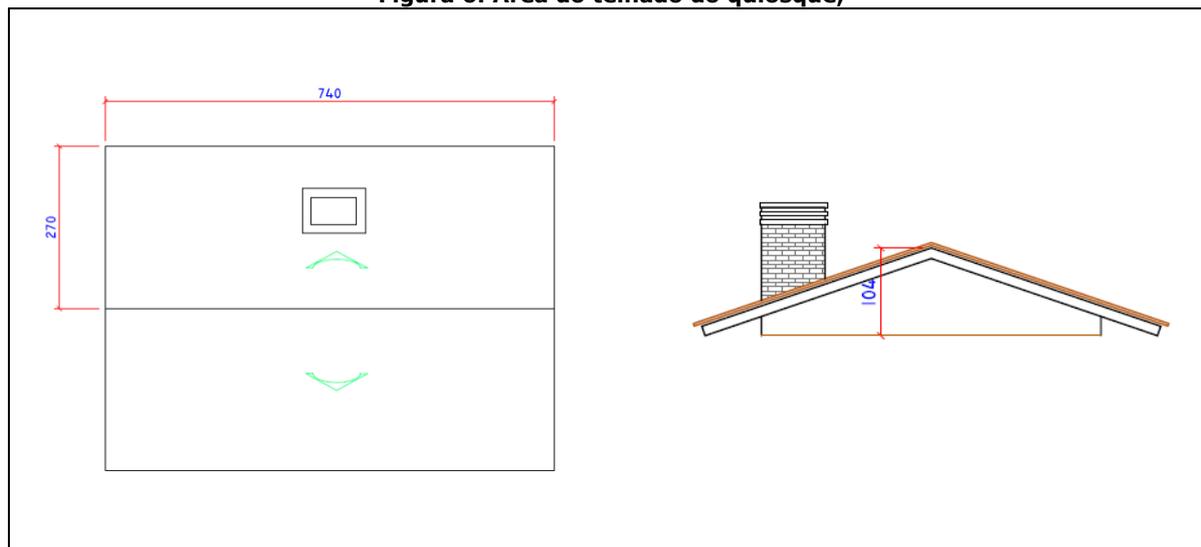


Tabela 5. Precipitação Contribuição por configuração de telhados;

Tipo	Unidades	Inclinação/unidade	Área de captação (m²)
1 - Platibanda	32	19°	43,06
2 - Misto	22	19°	42,91
3 - Normal	12	19°	45,35
Quiosque	02	34°	47,66
Total			2961,46

É a vazão de referência para o dimensionamento de condutores e calhas e deve ser calculada pela fórmula:

$$Q = \frac{I \cdot A}{60} \quad \text{(Equação 01)}$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;
 I = intensidade pluviométrica, em mm/h;
 A = área de contribuição, em m².

Para o dimensionamento da calha e condutores verticais a NBR 10844 (ABNT, 1989) recomenda que para construção de telhado de até 100m² de área de projeção horizontal, i seja considerado 150 mm/h, para um período de retorno de 5 anos, portanto:

1 - Platibanda	2 - Misto	3 - Normal	Quiosque
$Q = \frac{I \cdot A}{60}$			
$Q = \frac{150 \cdot 43,06}{60}$	$Q = \frac{150 \cdot 42,91}{60}$	$Q = \frac{150 \cdot 45,35}{60}$	$Q = \frac{150 \cdot 47,66}{60}$
Q = 107,65 l/min	Q = 107,28 l/min	Q = 113,38 l/min	Q = 119,15 l/min

Tabela 6. Vazão de projeto por configuração de telhado;

Tipo	Unidades	Vazão de projeto (l/min)
1 – Platibanda	32	107,65
2 – Misto	22	107,28
3 – Normal	12	113,38
Quiosque	02	119,15
Total	68	7403,82

3.7. Dimensionamento das calhas

Segundo Philippi et al., (2006) para a utilização da água de chuva, é necessário que as edificações sejam dotadas de calhas coletoras e condutores verticais para o direcionamento da água da chuva do telhado ao reservatório. O dimensionamento adequado das calhas e condutores verticais, bem com sua instalação, são elementos importantes para o funcionamento de todo o sistema. Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), para as calhas podem ser usados materiais como aço galvanizado, folhas de flandres, cobre, aço inoxidável, alumínio, fibrocimento, PVC rígido, fibra de vidro, concreto ou alvenaria. Por determinação do projetista, a coleta será através de calhas de PVC rígido de seção semicircular localizadas nas extremidades das coberturas dos três modelos de sobrados e dos quiosques, em virtude deste material ser encontrado com facilidade no município de Caçador, possuindo diversos fornecedores de qualidade. O modelo de telhado 01 possuirá calha de platibanda e calha de beiral, enquanto que os demais telhados dos sobrados (02 e 03) possuem características que necessitarão de calhas de platibanda e os quiosques, calhas de beiral. Segundo consta na NBR 10844 (ABNT, 1989), o dimensionamento das calhas deve ser feito através da fórmula de Manning-Strickler, indicada a seguir, ou de qualquer outra fórmula equivalente:

$$Q = K \cdot \frac{S}{n} \cdot R_h^{2/3} i^{1/2} \quad (\text{Equação 02})$$

Onde:

Q = Vazão de projeto, em L/min;
 S = área da seção molhada, em m²;
 n = coeficiente de rugosidade;
 R = raio hidráulico, em m;
 P = perímetro molhado, em m;
 i = declividade da calha, em m/m;
 K = 60.000.

Tabela 7. Coeficientes de rugosidade;

Material	n
Plástico, fibrocimento, aço, metais não-ferrosos	0,011
Ferro fundido, concreto alisado, alvenaria revestida	0,012
Cerâmica, concreto não-alisado	0,013
Alvenaria de tijolos não-revestida	0,015

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

A Tabela 6 indica as capacidades de calhas semicirculares, usando coeficiente de rugosidade n=0,011, que se referêcia ao material escolhido para este projeto e para alguns valores de declividade. Os valores foram calculados utilizando a fórmula de Manning-Strickler (equação 02), com lâmina de água igual à metade do diâmetro interno, sendo que diante destes cálculos e comparando-se as vazões de projeto

encontradas, determina-se o diâmetro das calhas que serão utilizadas, em 100mm. A inclinação das calhas de beiral e platibanda deve ser uniformes, com valor mínimo de 0,5% (ABNT, 1989), valor que será adotado neste projeto.

Tabela 6. Capacidade de calhas semicirculares com coeficientes de rugosidade $n=0,011$ (Vazão em L/min);

Diâmetro interno (mm)	Declividades		
	0,5%	1%	2%
100	130	183	256
125	236	333	466
150	384	541	757
200	829	1167	1634

Fonte: NBR 10844 (ABNT, 1989).

3.8. Dimensionamento dos condutores verticais

Segundo a NBR 10844 (ABNT, 1989), os condutores verticais devem ser projetados, sempre que possível em uma só prumada e quando houver necessidade de desvios devem ser utilizadas curvas de 90° de raio longo ou curvas de 45°, sempre com peças de inspeção. Podem ser construídos em ferro fundido, fibrocimento, PVC rígido, aço galvanizado, cobre, chapa de aço galvanizado, folhas de flandres, chapas de cobre, aço inoxidável, alumínio ou fibra de vidro, sendo que nesta proposta, os condutores verticais serão em PVC rígido, por causa do custo e facilidade de trabalho. Em virtude de que as edificações já estão construídas, os condutores verticais serão dispostos externamente às mesmas. A NBR 10844 (ABNT, 1989), determina que o diâmetro interno mínimo dos condutores verticais de seção circular deve ser de 70mm e que seu dimensionamento deve ser feito a partir dos seguintes dados:

Q = Vazão de projeto, em L/min;

H = Altura da lâmina de água na calha, em mm;

L = Comprimento do condutor vertical, em m.

O diâmetro interno (D) do condutor vertical é obtido através dos ábacos na NBR 10844. Na circunstância de traçar a reta e não coincidir com nenhuma das curvas do ábaco através de altura e comprimento, adota-se o diâmetro mínimo de 70 mm, por indicação da ABNT (10844), no caso do que o comercio oferece, adotaremos 75 mm.

3.9. Dimensionamento dos condutores horizontais

Conforme consta na Norma 10844 (ABNT, 1989), os condutores horizontais devem ser projetados, sempre que possível, com declividade uniforme, com valor mínimo de 0,5% e em virtude de que os tubos serão enterrados, determina que devam ser previstas caixas de inspeção sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20 metros nos percursos retilíneos e a ligação entre os condutores verticais e horizontais deve ser feita com curva de raio longo com inspeção. São indicadas as capacidades de condutores horizontais de seção circular para diversas opções de diâmetros disponíveis, sendo que as vazões foram todas calculadas utilizando-se a fórmula de Manning-Strickler, com altura de lâmina de água igual a 2/3 do diâmetro interno (D) do tubo, conforme previsto na NBR 10844.

Sendo assim, diante das vazões calculadas, define-se por trechos, as tubulações constantes das Tabelas 7 e 8.

Tabela 7. Tubulação Horizontal – TH 01;

Trecho	Contribuintes	Vazão de projeto (L/min)	Caimento (%)	Diâmetro (mm)
A	1, 2	226,76	1	100
B	3 a 7	770,00	1	150
C	8 a 15	1635,82	1	200
D	16 a 30	3271,64	1	250
E	31, 32	3486,94	1	300

Tabela 8. Tubulação Horizontal – TH 02

Trecho	Contribuintes	Vazão de projeto(L/min)	caimento(%)	Diâmetro (mm)
F	33, 34	215,30	1	100
G	35 a 38	644,79	1	150
H	39 a 48	1731,64	1	200
I	49 a 60, 65, 66	3271,72	1	250
J	61a 64, 67 e 68	3701,58	1	300

3.9.1. Caixas de inspeção

Diante do projeto proposto, optou-se pelos condutores horizontais enterrados, devido ao grande fluxo de moradores e disposição do terreno e edificações, ficando com aspecto mais limpo e com menos obstáculos.

Nas tubulações enterradas, devem ser previstas caixas de areia sempre que houver conexões com outra tubulação, mudança de declividade, mudança de direção e ainda a cada trecho de 20 m nos percursos retilíneos.

A ligação entre os condutores verticais e horizontais é sempre feita por curva de raio longo, com inspeção ou caixa de areia, estando o condutor horizontal aparente ou enterrado.

A NBR 15527 (ABNT, 2007) indica o uso de caixas de inspeção e não a de areia como a NBR 10844 (ABNT, 1989) e estas serão projetadas em dois tamanhos diferentes de caixas de inspeção, que levarão em conta as tubulações horizontais determinadas no item anterior. Por questões estéticas e utilitárias, sendo que as residências são próximas, utilizaremos as caixas de inspeção conforme as ligações dos condutores das edificações e quando houver mudança nos diâmetros dos condutores horizontais.

O modelo projetado pode variar em dois tamanhos internos: 60cm x 60cm, que deverão ser utilizados nas tubulações horizontais de 100mm a 200mm e 80cm x 80cm, conforme figuras 11 e 12, que devem ser utilizados a partir das tubulações horizontais de 200mm.

O modelo sugerido é descrito por Macintyre (1986) e adaptado aos diâmetros, no que se considerou em medidas suficientemente necessárias a atender o objetivo desta caixa de inspeção.

Figura 7. Modelo da Caixa de Inspeção em planta;

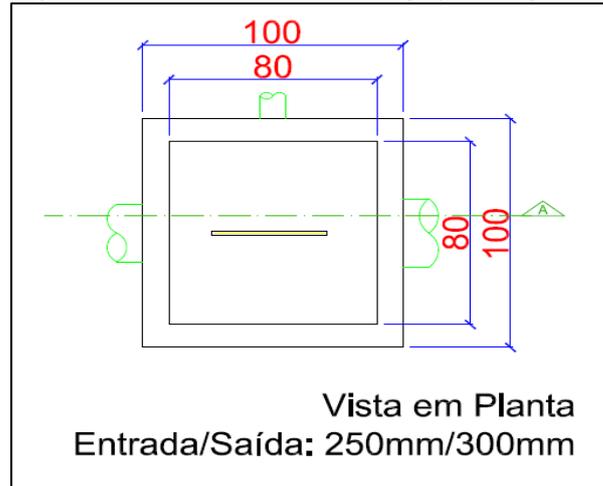
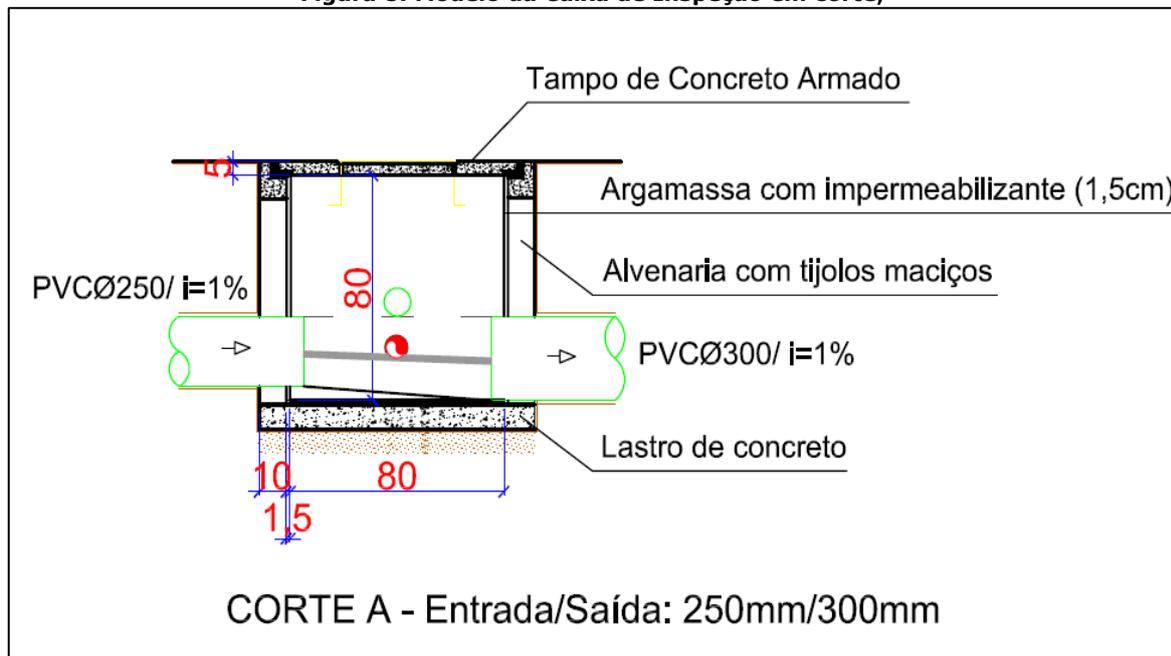


Figura 8. Modelo da Caixa de Inspeção em corte;



Para que a caixa de inspeção seja durável e eficiente, deve ser revestida internamente com uma camada de argamassa aditivada de impermeabilizante, com espessura mínima de 1,5cm, os tubos que despejam água nas mesmas, devem ter caimento de 1%.

3.9.2. Sistema de tratamento das águas pluviais

Segundo as bibliografias pesquisadas, deve-se determinar um reservatório que descarte certo volume das primeiras águas da chuva, pois segundo Tomaz (2005), é a água proveniente da área de captação suficiente para carregar a poeira, fuligem, folhas, galhos e detritos. As pesquisas feitas mostram que o *first flush* varia de 0,4 L/m² de telhado a 8 L/m² de telhado conforme o local.

Na falta de dados locais sugere-se o uso do *first flush* no valor de 2 L/m² de área de telhado. Levando-se em conta que este volume de água seria descartado com suas impurezas no corpo hídrico ou rede pública e um dos maiores objetivos deste trabalho

é um projeto mais sustentável possível, optou-se por adicionar um tratamento natural a todo o volume captado de água da chuva, utilizando sistema composto por um tanque para a retenção dos resíduos sólido maiores, em seguida um tanque de areia que funcione como um filtro, seguido de um tanque de filtragem por carvão ativado.

Tendo em vista que a chuva poderá levar materiais pesados que estejam no ar e outros dejetos que estavam no telhado e estes se depositariam no fundo do reservatório, onde geralmente se forma uma pequena camada de lama, os três tanques previstos para a limpeza, serão projetados para atuarem antes do reservatório de água da chuva. Este sistema tratará toda a água, não sendo necessário o recipiente de descarte dos primeiros mm de chuva, tratando a água que será utilizada e diminuindo a quantidade de impurezas que podem se fixar no reservatório.

Levando-se em conta a recomendação de volume de descarte de 2mm da chuva, em que seria aproximadamente um volume de 6m³, por questões de arredondamento, o primeiro tanque do tratamento que servirá para retenção dos resíduos sólidos maiores, será de medidas internas 2m x 2m x 2m. Utilizando de técnicas e literaturas existentes, formulou-se o modelo que para este projeto será chamado de Decantador (Figuras 9 e 10).

A água que virá pelos condutores horizontais, entra neste tanque onde haverá uma peneira estática que irá fazer a retenção dos sólidos, encaminhando-os para o compartimento inferior, dotado de uma tampa de fundo falso, a exemplo do filtro anaeróbio, onde ficarão armazenados até que se faça a limpeza através do tubo guia (PVC 200mm).

Figura 9. Vista em corte do Decantador Águas Pluviais;

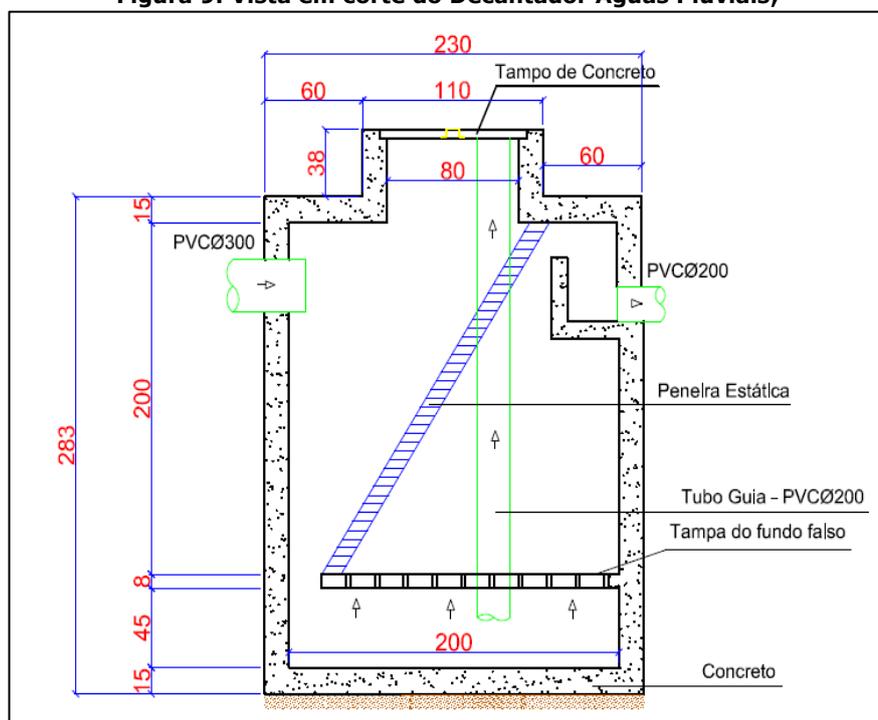
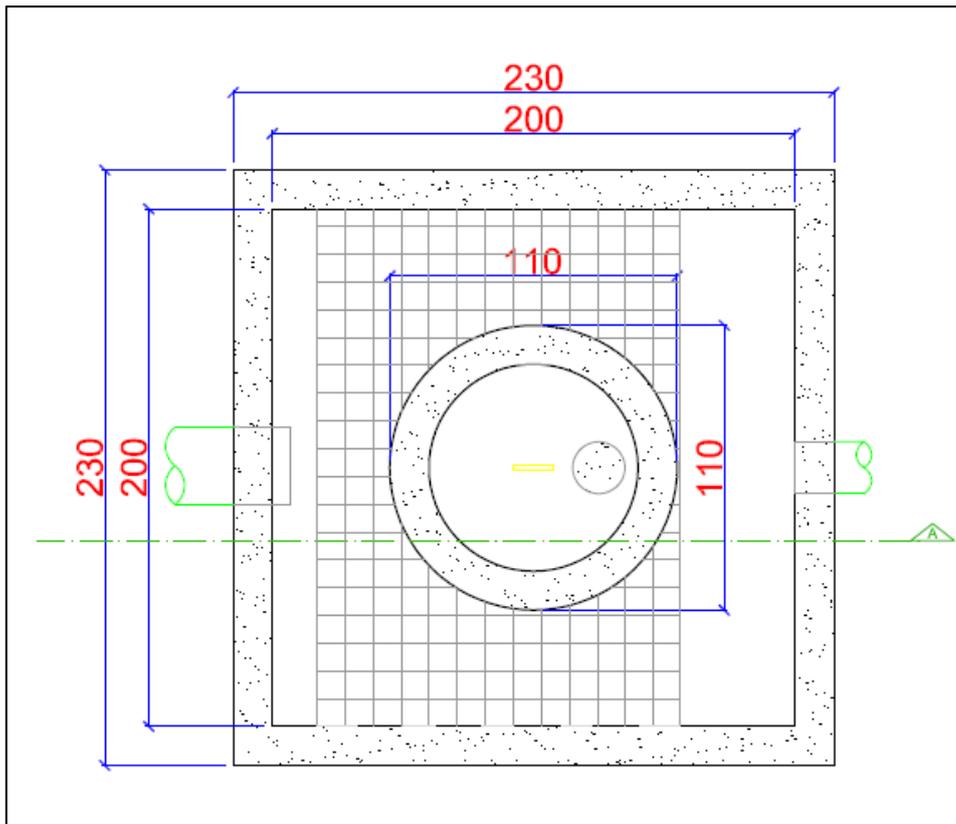


Figura 10. Vista em planta do Decantador de Águas Pluviais;



O segundo e o terceiro filtro natural consistem de um filtro lento de areia e outro de carvão ativado com areia. Que foram projetados de acordo com o descrito por Fernandes Jr. (2009), onde explica que a filtração é um processo físico em que a água atravessa um leito filtrante, em geral areia ou areia e carvão, de modo que partículas em suspensão sejam retidas produzindo um efluente mais limpo.

Fernandes Jr. (2009) ainda explica que a filtração lenta é um processo simples, que resulta em grande eficiência, mas que funciona com taxas de filtração muito baixas, sendo aplicável apenas às águas de pouca turbidez. Geralmente a taxa de filtração varia entre 3 e 9 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$, sendo mais freqüente entre 3 e 4 $\text{m}^3/\text{m}^2.\text{dia}$. Este filtro tem resultados excelentes quanto a remoção de bactérias, superiores aos filtros rápidos quanto à uniformidade dos resultados, bem como bons resultados também com remoção de turbidez, Ferro, odor e sabor e recomenda a estrutura vertical dos filtros lentos com as seguintes camadas:

- Altura livre sobre a água de 0,25 - 0,30 m;
- Altura da coluna de água de 0,85 - 1,40;
- Camada de areia de 0,90 - 1,10m;
- Camada de pedregulho de 0,25 - 0,35;
- Drenos de 0,25 - 0,45.

Diante destas orientações e características do processo, projetou-se o filtro de areia a ser utilizado neste processo, conforme figuras 11 e 12.

Figura 11. Vista em planta do Filtro de Areia;

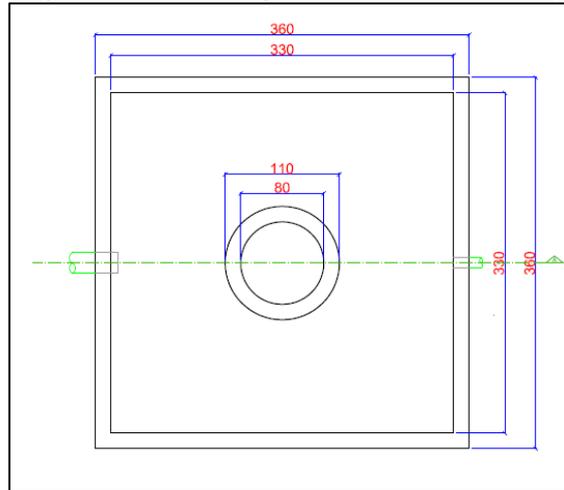
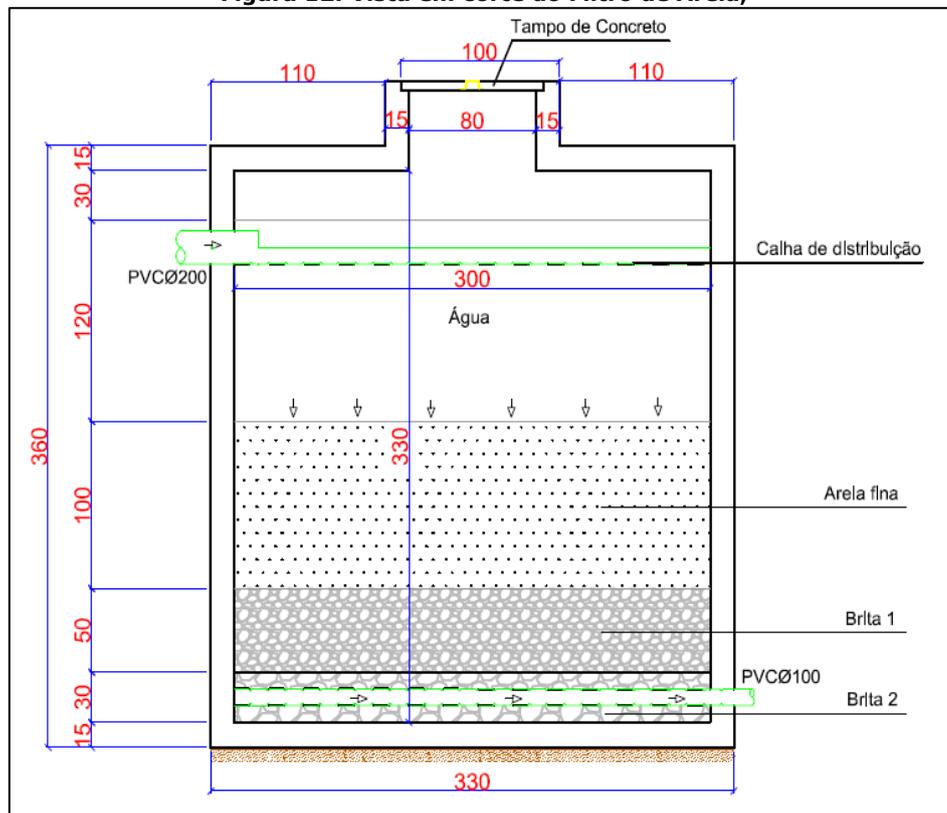


Figura 12. Vista em corte do Filtro de Areia;



E finalmente a fim de deixar a água com aspecto melhor em cor e turbidez, usaremos filtro de areia e carvão ativado. Segundo Legner (2012), o carvão ativo ou ativado produto é utilizado para remover impurezas dissolvidas que geralmente são encontrados em pequenas proporções, porém causam odor, cor e gosto nos fluidos, além de remover também compostos orgânicos, fenólicos e outras substâncias que acabam diminuindo a qualidade final da água. A composição deste produto é feita de carbono puro de grande porosidade, apresentando notáveis propriedades atribuídas à sua área superficial obtido a partir da queima controlada da madeira, para não perder sua alta porosidade. Sua área interna é formada por milhares de poros que tem a função de adsorver. Quando utilizado no tratamento de água, todas as impurezas retidas pelo carvão serão removidas e eliminadas junto com o mesmo, além de não gerarem subprodutos, como ocorre em grande parte dos processos químicos.

O carvão ativado possui características adsorptivas, que ocorre devido a adesão de moléculas ou partículas do adsorvente e do adsorvato a uma superfície ou o preenchimento de poros em um sólido (diferente da absorção que é feita no volume). No tratamento de efluentes, pode ser usado em fase final do processo biológico em colunas de leito fixo, na fase de polimento, removendo cor ou componentes específicos, como por exemplo, o mercúrio. Com os mesmos princípios já vistos anteriormente, definiu-se modelo e tamanho do tanque conforme Figuras 13 e 14.

Figura 13. Vista em planta do Filtro de Carvão Ativado;

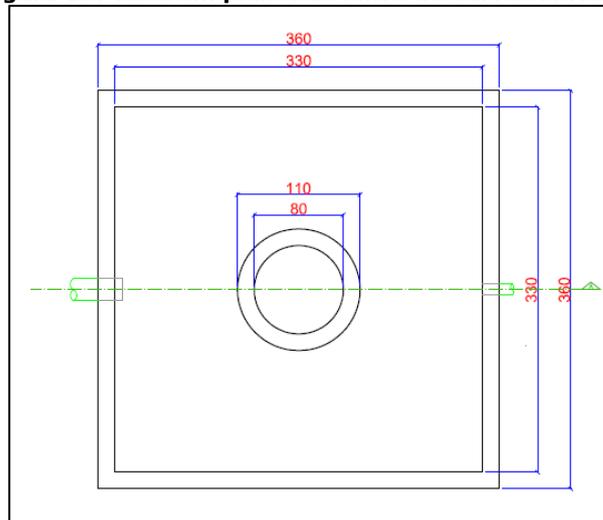
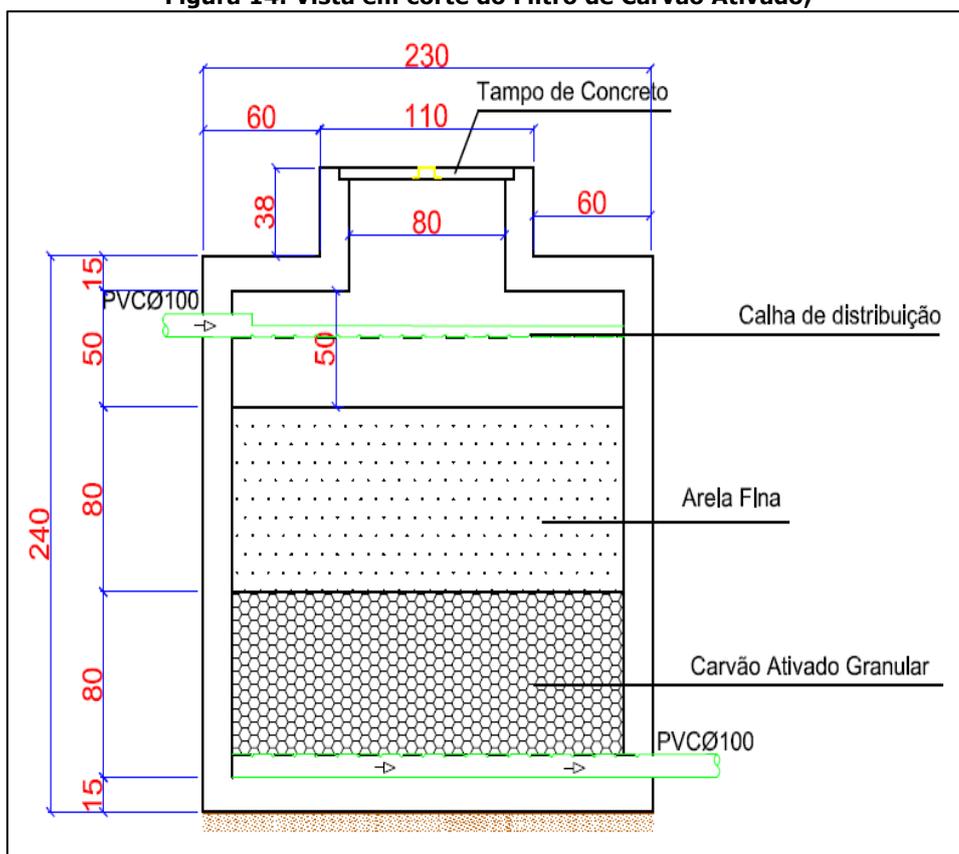


Figura 14. Vista em corte do Filtro de Carvão Ativado;



3.9.3. Dimensionamento do Reservatório

Segundo Amorim e Pereira (2008) a escolha do método mais adequado deve ocorrer de acordo com os interesses finais de implantação de um sistema de aproveitamento de água pluvial, como também em função da região de implantação. Por exemplo, em regiões com altos índices pluviométricos, devem-se escolher métodos mais conservadores, que levam a volumes inferiores para o reservatório, enquanto em regiões com baixos índices o ideal é utilizar métodos que super dimensionem o reservatório, para que a água coletada nos períodos de chuva possa suprir a demanda nos períodos secos.

No sentido de tornar o sistema mais eficiente e com o menor custo possível, estudos de dimensionamento de reservatórios de armazenamento de água de chuva buscam compatibilizar produção e demanda, certificando-se do percentual de demanda possível de ser atendido em cada sistema, pois sabemos que nem sempre haverá chuva suficiente para atender toda a demanda, e em outros casos, nem sempre será possível armazenar toda a chuva precipitada, principalmente por questões físicas e econômicas (ANNECCHINI, 2005).

3.9.3.1. Demanda

Para o cálculo de demanda, como citado anteriormente, adotaremos o número de 4 pessoas por residência, juntamente com dados divulgados pela Programa de Pesquisas em Saneamento Básico - PROSAB, 2006, resultando nos dados da Tabela 9.

Tabela 9. Consumo unitário por ponto;

Utilização	Base de Consumo	Referência	Consumo mensal
Vaso Sanitário	45L/5 descargas/hab./dia	264 pessoas	356400 L/mês
Rega de jardim	2L/m ² /10 utilizações/mês	550m ²	11000 L/mês
Lavagem de área impermeabilizada	4L/m ² /8 utilizações/mês	1000m ²	32000 L/mês
Total			399400 L/mês

3.9.3.2. Métodos de dimensionamento

A NBR 15527 (ABNT, 2007) menciona alguns métodos de dimensionamento de reservatórios de águas pluviais, dos quais serão descritos e calculados alguns métodos que não levam em consideração a demanda de água, uma vez que esta será suprida também por reuso de águas negras e águas cinza.

3.9.3.3. Método Prático Inglês

Conforme a NBR 15527 (ABNT, 2007), o volume do reservatório de água pluvial é obtido por meio da equação:

$$V = 0,05 \times P \times A \quad \text{(Equação 03)}$$

Onde:

- P = precipitação média anual (mm);
- A = área de coleta em projeção (m²);
- V = volume de água da cisterna (litros).

O método prático Inglês, caracteriza-se por sua origem empírica, não considera na sua formulação o período de seca. O coeficiente de segurança corresponde à fração

mensal referente ao aproveitamento de 60% da precipitação anual, ou seja: $60\% \times \text{Panual}/12 \text{ meses} = 0,05 \text{ Panual}$.

$$V = 0,05 \times 268,5 \times 2961,46 = 39757,60 \text{ litros, aproximadamente } 40\text{m}^3$$

Observa-se que, os dados utilizados para o dimensionamento se restringem à área de coleta e a precipitação pluviométrica anual. O período seco não é considerado uma incógnita a ser identificada. Porém, subentende-se que o período seco considerado, corresponde a um mês.

3.9.3.4. Método Cidade de Curitiba

Diante das pesquisas efetuadas verificamos que no município de Curitiba/PR, o Decreto nº 293 que regulamenta a Lei 10785/03 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações, onde cita que nas edificações habitacionais o dimensionamento do volume necessário para a cisterna ou reservatório deverá ser calculado mediante a aplicação da seguinte fórmula (CURITIBA, 2007):

$$V = N \times C \times d \times 0,25 \quad \text{(Equação 04)}$$

onde:

V = Volume em litros

N = Número de unidades

C = Consumo diário em litros/dia, adotando-se os valores conforme tabela 15

Tabela 10. Consumo diário

Quantidade de quartos	Consumo (litros/dia)
1 (um)	400
2 (dois)	600
3 (três)	800
4 (quatro) ou mais	1000

Fonte: CURITIBA, 2007.

d = Número de dias de reserva = 2

volume mínimo do reservatório = 500 litros.

$$V = 68 \times 600 \times 2 \times 0,25 = 20500 \text{ litros, aproximadamente } 20 \text{ m}^3$$

3.9.3.5. Método de Rippl

O método de Rippl geralmente superdimensiona o reservatório, mas é bom usá-lo para verificar o limite superior do volume do reservatório de acumulação de águas de chuvas. Neste método pode-se usar as séries históricas mensais (mais comum) ou diárias.

$$S(t) = D(t) - Q(t) \quad \text{(Equação 05)}$$

$$Q(t) = C \times P \times A \quad \text{(Equação 06)}$$

Onde:

S(t) é o volume de água pluvial no reservatório no tempo t (L);

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade - Vol. 13 no 1 – Junho de 2018

D(t) é a demanda ou consumo de água pluvial no tempo t (L);
 Q(t) é o volume de água pluvial no tempo t (L);
 C é o coeficiente de escoamento superficial (adotado como 0,80, segundo recomendações da NBR 15527 (ABNT, 2007));
 P é a precipitação média no tempo t (mm); e
 A é a área de captação (m²).

Estas fórmulas foram aplicadas no *Microsoft Excel* e resultaram nos dados da Tabela 11.

Tabela 11. Resultados método de Rippl;

Coeficiente de runoff (CR)		0,8					
Meses	Chuva média mensal (mm)	Demand a mensal (m ³)	Área de captação (m ²)	Volume de chuva mensal (m ³)	Diferença entre o volume da demanda e volume de chuva (m ³)	Diferença acumulada da coluna 6 dos valores positivos (m ³)	Situação do reservatório
Coluna 1	Coluna 2	Coluna 3	Coluna 4	Coluna 5	Coluna 6	Coluna 7	Coluna 8
Janeiro	376	410,4	2961,46	891	-480,6	0	E
Fevereiro	250	410,4	2961,46	592	-181,6	0	E
Março	289	410,4	2961,46	685	-274,6	0	E
Abril	181	410,4	2961,46	429	-18,6	0	E
Maio	192	410,4	2961,46	455	-44,6	0	E
Junho	286	410,4	2961,46	678	-267,6	0	E
Julho	143	410,4	2961,46	339	71,4	71,4	D
Agosto	280	410,4	2961,46	663	-252,6	0	E
Setembro	538	410,4	2961,46	1275	-864,6	0	E
Outubro	160	410,4	2961,46	379	31,4	31,4	D
Novembro	260	410,4	2961,46	616	-205,6	0	E
Dezembro	267	410,4	2961,46	633	-222,6	0	E
Total	3222	4924,8		7635	Volume=	71,4	

Levando-se em conta os 3 métodos calculados, resolvemos fazer a média dos três resultados $(40\text{m}^3 + 20\text{m}^3 + 71,4\text{m}^3)/3 = 43,8\text{m}^3$.

Assim, levando-se em conta esta média, as recomendações de materiais utilizáveis e os produtos disponíveis no mercado, fica determinado que será utilizado um reservatório horizontal para grandes volumes, de Poliéster Reforçado com Fibra de Vidro, de alta resistência mecânica- de 50m³, conforme figuras 15 e 16.

Neste reservatório, deve ser instalado um sistema de bóia de nível, que servirá para acionar comando elétrico e liberar a entrada de água do abastecimento público na tubulação de alimentação dos vasos sanitários e torneiras externas, caso o nível de água do reservatório de águas pluviais esteja baixo, evitando desta forma, a falta de água para estes fins.

Alguns cuidados especiais deverão fazer parte da manutenção, tais como, evitar-se a entrada da luz do sul no reservatório devido ao crescimento de algas. A tampa de inspeção deverá ser hermeticamente fechada. A saída do extravasor (ladrão) deverá conter grade para que não entrem animais pequenos.

A Figura 15. e 16. apresenta o reservatório da água proveniente do sistema de drenagem após tratamento.

Figura 15. Reservatório para as águas pluviais;

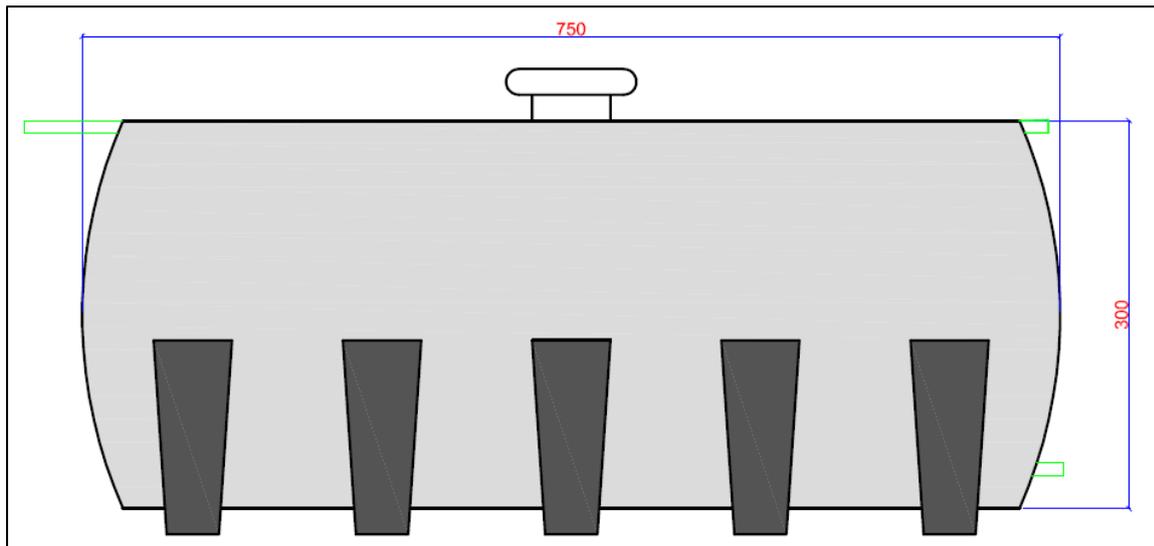
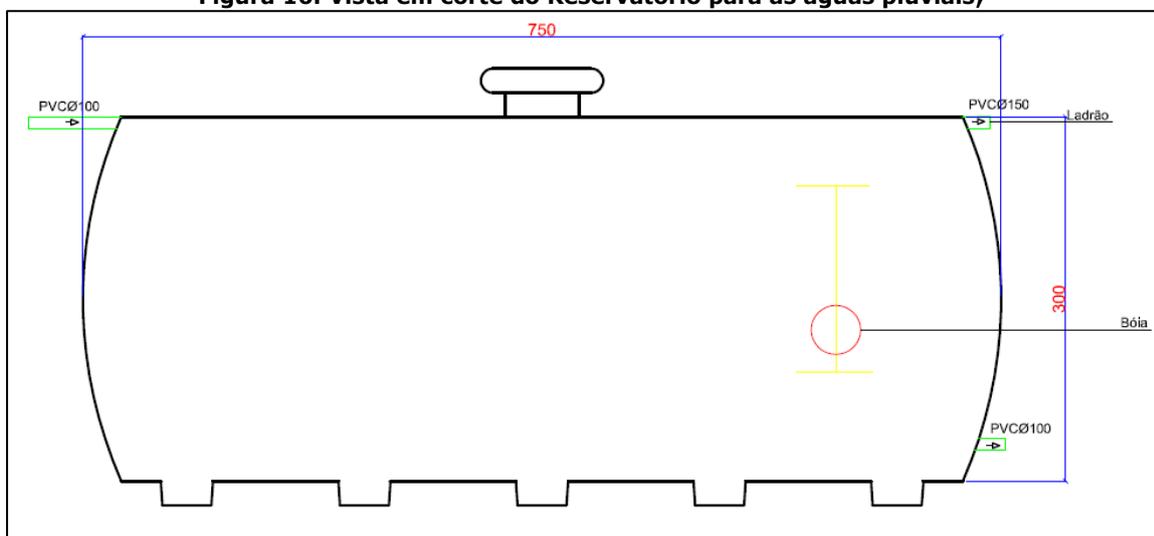


Figura 16. Vista em corte do Reservatório para as águas pluviais;



3.9.3.6. Dimensionamento da bomba de recalque

Para a distribuição da água que se encontra no reservatório, já com seu devido tratamento, necessitaremos de uma bomba para que esta chegue aos reservatórios elevados em cada residência e quiosques, bem como nas torneiras externas do condomínio, ou seja, além de toda a tubulação específica para esse fim, cada residência deverá ter mais um reservatório (caixa d'água) exclusivo para o abastecimento do vaso sanitário. O dimensionamento da bomba foi baseado em critérios e fórmulas segundo Gomez (2010).

A NBR 5626 (ABNT, 1998) recomenda o uso da fórmula para dimensionamento da tubulação de recalque:

$$D_R = 1,3\sqrt{Q} \cdot \sqrt[4]{x} \quad \text{(Equação)}$$

07)

Onde:

Dr = diâmetro do recalque em m

Q = vazão de recalque em m³/s

$X = h/24$ horas

H = número de horas de funcionamento da bomba, por dia

Portanto:

$$D_r = 1,3 \times 0,000423^{1/2} \cdot 8/24^{1/4}$$

$$D_r = 0,02125$$

Diâmetro de recalque adotado = 25mm

Para a tubulação de sucção, adota-se o diâmetro comercialmente disponível e imediatamente superior ao diâmetro do recalque, ou seja 32mm.

Tabela 12. Perdas de Carga no trecho de recalque;

Dispositivo	Quantidade	Diâmetro (mm)	Perda de carga equivalente	Total (m)
T de passagem reta	24un	25	0,8	19,2
T de passagem lateral	01un	25	2,4	2,4
Válvula de retenção leve	01un	25	2,7	2,7
Curva 90°	02un	25	0,2	0,2
Registro de gaveta	01un	25	0,5	1,0
Tubulação	171,76m	25	-	171,76
Total				197,26

Tabela 13. Perdas de Carga no trecho de sucção;

Dispositivo	Quantidade	Diâmetro (mm)	Perda de carga equivalente	Total (m)
Entrada	01un	32	1,2	1,2
Registro de gaveta	01un	32	0,3	0,3
Tubulação	0,5m	32	-	0,5
Total				2,00

Perda de carga unitária no trecho de recalque: 0,0486

$$J(\text{rec}) = 197,26 \times 0,0486 = 9,58\text{m}$$

Perda de carga unitária no trecho de sucção: 0,0146

$$J(\text{rec}) = 2,00 \times 0,0146 = 0,0292\text{m}$$

Potência do motor:

$$P = \frac{Q \times H_{\text{man}}}{75 \times R} \quad (\text{Equação 08})$$

Onde:

P = potência necessária em CV

Q = vazão de recalque em l/s

R = rendimento da moto-bomba, neste caso adotado em 50%

H(man) = altura manométrica total

Portanto:

$H(\text{man}) = 9,28 + 0,0292 + 15,50$ (desnível do terreno+altura da caixa d'água+altura dos canos de saída do reservatório)

$$H(\text{man}) = 25,11\text{m}$$

$$P = \frac{0,463 \times 25,11}{75 \times 0,5} = 0,31 \text{ CV, será adotado o motor de 1CV}$$

3.10. Planta final após dimensionamento

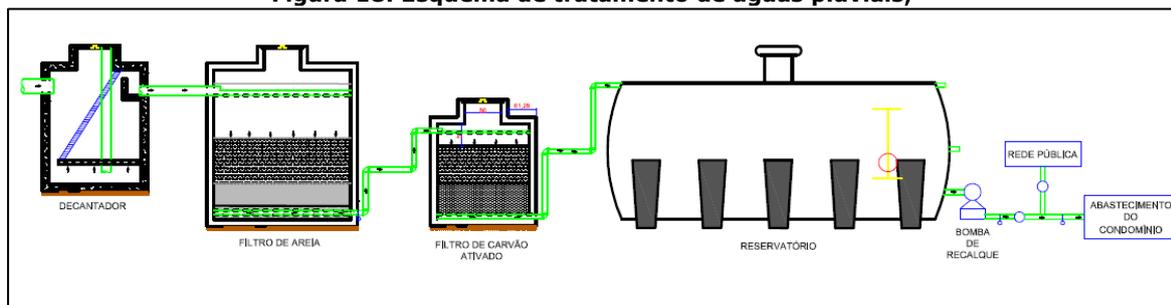
A Figura 17. apresenta o a planta do terreno com a localização do sistema de tratamento de águas pluviais.

Figura 17. Esquema de tratamento de águas pluviais;



A Figura 18. apresenta o esquema de tratamento das águas pluviais, com decantador, filtro de areia, filtro de carvão ativado, reservatório e bomba de recalque;

Figura 18. Esquema de tratamento de águas pluviais;



4. Conclusão

O crescimento populacional fez com que as áreas permeáveis fossem substituídas pelas pavimentações e construções num geral, e pela dificuldade da penetração da água no solo, influência o ciclo hidrológico. Por isso, é cada vez maior a ocorrência de enchentes, alagamentos e demais catástrofes envolvendo as consequências da falta: uso incorreto, desperdício da água, bem como outros fatores ambientais.

Portanto, se faz de grande valia a difusão do conceito da captação e utilização da água da chuva, pois além de auxiliar a racionalização do recurso, também é uma solução para os problemas de drenagem dos sistemas hidráulicos urbanos. Pois, o volume de água da chuva que é retida nos reservatórios e utilizada no lugar de água

potável, proveniente da rede pública deixa por certo período de infiltrar na terra ou escoar aos mananciais, evitando as cheias e alagamentos e pelos mesmos motivos de cunho ambientais e até mesmo financeiros, deve ser incentivado o uso das águas de chuva. Sendo que ao se reaproveitar água, além de estarmos reduzindo o consumo, estaremos economizando tarifa e preservando a qualidade água para fins nobres, como para consumo humano.

O objetivo deste trabalho foi definir e dimensionar os elementos necessários para efetuar a captação, tratamento e uso das águas pluviais no condomínio. Tendo em vista as pesquisas efetuadas, dimensionamentos e análises realizadas conclui-se que, o condomínio em estudo tem potencial, disposição geográfica, condições pluviométricas, áreas de captação e forma de utilização das águas pluviais favoráveis ao uso.

Com o decorrer do desenvolvimento dos dimensionamentos e projetos, verificou-se que as edificações, calçadas, pavimentação da circulação de pedestres e automóveis, tanques de tratamento de esgoto e demais dispositivos do condomínio, ocupam espaço demasiadamente grande, dentro do terreno disponível. Portanto, apesar de que os custos e análise de viabilidade para implantação dos sistemas de manejo da água propostas neste trabalho, não foram escopo do mesmo. Conclui-se que possivelmente em questões financeiras a curto e médio prazo não seria possível retirar o investimento, pois para a instalação de toda a estrutura referente ao uso das águas pluviais, requerem além dos materiais e produtos requeridos, a aquisição de espaço para implantação do mesmo.

Devido a importância do assunto abrangido neste trabalho, entende-se que estas práticas sustentáveis deveriam ser mais difundidas e incentivadas, para que ao construir edificações de qualquer gênero e ocupação, sejam previstos sistemas de gestão sustentável da água, pois a adaptação posterior à construção, requer maior custo, transtornos causados pelas obras e serviços necessários, tubulações aparentes, dentre outros problemas, além de que, evidencia-se o interesse e a necessidade de que os usuários deste bem em extinção, administrarem o uso da água e a geração do seu próprio esgoto, não repassando a outros esta responsabilidade. Estas ações deixam de ser desperdício para ser um meio facilitador do mesmo, pois podemos utilizar a água potável apenas para as finalidades ditas nobres e deixar que o restante seja proveniente de outros meios.

A tendência é que por cobrança de ONGs, especialistas e da própria população, o governo de maneira geral, seja a nível Nacional, Estadual ou Municipal, deverá implantar novos procedimentos e leis que exijam construções cada vez mais sustentáveis a exemplos de alguns municípios do Brasil que já possuem diretrizes para tais empreendimentos. Assim, a procura de investimentos em imóveis que já possuam esta visão e ferramentas sustentáveis agregarão valor financeiro aos mesmos.

Referências

JANSSEN, M.; VAN DEN BERGH, J. *SÍMBIOSES: Modelling industrial metabolism in a multi-regional economic system*. Dep. Spatial Economics, University of Amsterdam, 2000.

ANNECCHINI, K.P.V. **Aproveitamento da Água da Chuva Para Fins Não Potáveis na Cidade de Vitória (ES)**. Dissertação (Pós-Graduação em Engenharia Ambiental). Vitória: Universidade Federal do Espírito Santo. 2005.

AMORIM, S. V.; PEREIRA, D. J. A. Estudo comparativo dos métodos de dimensionamento para reservatórios utilizados em aproveitamento de água pluvial. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v.8, n.2, p.53-66, 2008.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 10844**: Instalações prediais de águas pluviais. Rio de Janeiro, 1989.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 15527**: Água de chuva - Aproveitamento de coberturas em áreas urbanas para fins não potáveis - Requisitos. Rio de Janeiro, 2007.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I.; CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; PORTO, M.; NUCCI, N.; JULIANO, N.; EIGER, S. **Introdução a Engenharia Ambiental**. Prentice Hall: São Paulo, 2002.

CAMPOS, M.M.; AZEVEDO, F.R. Aproveitamento das águas pluviais para consumo humano direto. **Jornal Eletrônico**, v.5, n.1, p.22-42, 2013.

CURITIBA. **Decreto nº 293, de 22 de março de 2006**. Regulamenta a Lei nº 10.785 de 2003 e dispõe sobre os critérios do uso e conservação racional da água nas edificações e dá outras providências. Curitiba, 22 de março de 2006.

ECOCASA. **Aproveitamento de Água de Chuva**. Disponível em <<http://www.ecocasa.com.br/aproveitamento-de-agua-de-chuva-ecocasa>> Acesso em: 12 out. 2015.

ENGEPLAS - Engenharia da Reciclagem e Meio Ambiente. **Aproveitamento da Água da Chuva**. Disponível em <http://www.engeplas.com.br/produtos/pro_ver.asp?fcodi=8> Acesso em: 12 out.2015.

FERNANDES-JUNIOR, W. E. **Projeto e Operação em Escala Semi-industrial de um Equipamento para Tratamento de Águas Produzidas na Indústria do Petróleo Utilizando Nova Tecnologia: Misturador-Decantador à Inversão de Fases**. Tese (Doutorado em Engenharia Química), Rio grande: Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2006.

FIORI, S.; FERNANDES, V. M. C.; PIZZO, H. Avaliação qualitativa e quantitativa do reuso de águas cinzas em edificações. **Ambiente Construído**, Porto Alegre, v. 6, n. 1, p. 19-30, jan./mar. 2006.

GOMES, H.P. (Org.). **Sistema de Saneamento: eficiência energética**. João Pessoa: Ed. UFPB, 2010.

JANSSEN, M.; VAN DEN BERGH, J. **SIMBIOSES: Modelling industrial metabolism in a multi-regional economic system**. Dep. Spatial Economics, University of Amsterdam, 2000.

LEGNER, C. **O uso de carvão no processo de tratamento de água**. Revista Tae. Outubro, 2012. Disponível em <<http://www.revistatae.com.br/artigos.asp?id=109&fase=c>>. Acesso em: 15 mai.2016.

MACEDO, L. **Sem lei específica, imóvel novo com reuso de água é raridade em SP**. Disponível em <<http://g1.globo.com/sao-paulo/noticia/2015/02/sem-lei-especifica-imovel-novo-com-reuso-de-agua-e-raridade-em-sp.html>>. Acesso em: 17 out.2015.

MACINTYRE, A. J. **Instalações Hidráulicas Prediais e Industriais**. Rio de Janeiro: Guanabara, 1986.

OCTAVIANO, C. **Sustentabilidade na construção civil: benefícios ambientais e econômicos**. Disponível em <<http://www.dicyt.com/noticia/sustentabilidade-na-construcao-civil-beneficios-ambientais-e-economicos>>. Acesso em: 17 out. 2015.

PHILIPPI, L.S.; VACCARI, K.P.; PETERS, M.R.; GONÇALVES, R.F.. Aproveitamento da Água da Chuva. In: Gonçalves, R.F.. **Uso racional da água em edificações**. Vitória: Projeto Gráfico, 2006. p.73-152.

RIOS, M.B.C. **Estudo de aspectos e impactos ambientais nas obras de construção do Bairro Ilha Pura – Vila dos Atletas 2016**. Tese (Engenharia Cível). Rio de Janeiro: Universidade Federal do Rio de Janeiro. 2014.

SANTOS. C., PINTO. F. T., CHENG. C. Y, LEITE. D. Otimização do Consumo de Água em Edifícios. Implementação de sistemas de aproveitamento de águas pluviais e reutilização de águas cinzentas. **In: VI Jornadas de Hidráulica, Recursos Hídricos e Ambiente**. FEUP, 2011.

SPOSITO, E.S. **Medidas antidumping e política doméstica: o caso da citricultura estadunidense [online]**. São Paulo: Editora UNESP, 2015.

TOMAZ, P. **Aproveitamento de água de chuva: para áreas urbanas e fins não potáveis**. 2. ed. São Paulo: Navegar. 2005.

Proposição de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA para uma empresa de estruturas metálicas em Caçador/SC

Proposal of an Environmental Risk Prevention Program - ERPP for a metal structures company in Caçador/SC

Guilherme Vieira¹ e Roger Francisco Ferreira de Campos²

¹ Engenheiro Ambiental, pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP;

² Engenheiro Ambiental e Sanitarista, pós-graduado em Engenharia de Segurança do Trabalho pela Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP, mestre em Ciências Ambientais pela Universidade do Estado de Santa Catarina – UDESC e docente da Universidade Alto Vale do Rio do Peixe – UNIARP;

{guilherme1017@hotmail.com; roger@uniarp.edu.br}

Resumo. O tema saúde e segurança do trabalhador ganha cada vez mais visibilidade no cenário nacional e internacional, fazendo com que as empresas se mobilizem para garantir maior segurança e bem estar aos seus funcionários. O objetivo deste estudo é conhecer a rotina de uma empresa de estruturas metálicas e propor a elaboração de um Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA. A empresa de Estruturas Metálicas CONVICTA está localizada na Rua Vereador Etelvino Pedrassani, 1800 bairro Vila Kurtz no município de Caçador, Santa Catarina. Possui como principal atividade a fabricação e montagem de estruturas metálicas na região do Vale do Rio do Peixe. A proposição de um PPRA foi por meio de visitas na empresa e também com base nas especificações presentes na Norma Regulamentadora 09 do Ministério do Trabalho e Emprego, com avaliação de aspectos qualitativos e quantitativos. Os resultados mostraram que a empresa já conta com medidas mitigatórias para o bem estar de seus trabalhadores, mas também identificou possíveis melhoras e propôs um cronograma de ações.

Palavras-chaves: Saúde ocupacional. Mapa de riscos. Riscos no ambiente de trabalho.

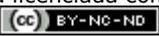
Abstract. *The topic of worker health and safety is gaining more and more visibility in the national and international scenario, causing companies to mobilize to ensure greater safety and well-being for their employees. The objective of this study is to know the routine of a metal structures company and propose the elaboration of an Environmental Risk Prevention Program - ERPP. The company of Estruturas Metalicas CONVICTA is located at Rua Vereador Etelvino Pedrassani, 1800 district Vila Kurtz in the municipality of Caçador, Santa Catarina. Its main activity is the manufacture and assembly of metallic structures in the Vale do Rio do Peixe region. The proposal of a ERPP will be through visits in the company and also based on the specifications present in Regulatory Norm 09 of the Ministério do Trabalho e Emprego, with evaluation of qualitative and quantitative aspects. The results showed that the company already has mitigating measures for the welfare of its workers, but also identified possible improvements and proposed a schedule of actions.*

Key words: Occupational health. Map of Risks. Risks in the Work Environment.

InterfacEHS – Saúde, Meio Ambiente e Sustentabilidade
Vol. 13 no 1 – Junho de 2018, São Paulo: Centro Universitário Senac
ISSN 1980-0894

Portal da revista InterfacEHS: <http://www3.sp.senac.br/hotsites/blogs/InterfacEHS/>

E-mail: interfacehs@sp.senac.br

Esta obra está licenciada com uma Licença [Creative Commons Atribuição-Não Comercial-Sem Derivações 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/) 

1. Introdução

O tema saúde e segurança do trabalhador ganha cada vez mais visibilidade no cenário nacional e internacional, fazendo com que as empresas se mobilizem para garantir maior segurança e bem estar aos seus funcionários. De acordo com a Organização Nacional das Nações Unidas (2015), as condições perigosas continuam a ser uma ameaça diária para dezenas de milhões de trabalhadores em todo o mundo. Mais de 313 milhões de trabalhadores sofrem acidentes de trabalho não fatais a cada ano, o que equivale a 860 mil pessoas feridas no trabalho diariamente. Enquanto isso, a cada dia, 6.400 pessoas morrem em acidentes ou doença profissional, resultando em 2,3 milhões de mortes a cada ano.

Esses dados corroboram a importância da adoção das Normas Regulamentadoras (NR), regulamentadas pelo Ministério do Trabalho e Emprego, que fornecem orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à saúde e segurança dos trabalhadores, visando assim, a minimização ou eliminação dos acidentes de trabalho que, de acordo com o artigo 19 da Lei Federal nº 8.213/1991, são "o(s) que ocorre(m) pelo exercício do trabalho a serviço de empresa ou de empregador doméstico ou pelo exercício do trabalho [...], provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte ou a perda ou redução, permanente ou temporária, da capacidade para o trabalho" (BRASIL, 1991).

A higiene Ocupacional possui caráter preventivista e tem como objetivo fundamental atuar nos ambientes de trabalho aplicando princípios administrativos, de engenharia e de medicina do trabalho no controle e prevenção das doenças ocupacionais (PEIXOTO; FERREIRA, 2012).

Atualmente, existem 36 (trinta e seis) NRs, que foram elaboradas e modificadas por comissões específicas. Dentre elas, destacamos nesse trabalho a Norma Regulamentadora 09, que trata do programa de prevenção de riscos ambientais em ambientes de trabalhos (INBEP, 2017). A Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais – PPRA, NR09 considera riscos ambientais os agentes físicos (ruído, vibrações, radiações, entre outros), químicos (as substâncias, compostos ou produtos que possam penetrar no organismo pela via respiratória, nas formas de poeiras, fumos, névoas, neblinas, gases ou vapores, ou que, pela natureza da atividade de exposição, possam ter contato ou ser absorvido pelo organismo através da pele ou por ingestão) e biológicos (bactérias, fungos, vírus entre outros) existentes nos ambientes de trabalho que em função de sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, são capazes de causar danos à saúde do trabalhador (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1994)

Quando um PPRA é bem elaborado - é possível compor medidas preventivas com bastante visão, evitando assim, afastamentos por acidentes de trabalho, autuações e processos trabalhistas, e otimizando as condições de trabalho de todos os funcionários que trabalham em determinada empresa. Empresas tendem a ter vários processos fabris que oferecem certo risco a seus colaboradores, onde por meio da identificação dos riscos que é feita através do PPRA fica menos complicado agir direto na fonte. Quando o PPRA é bem elaborado é possível determinar os riscos e as medidas preventivas da atividade com bastante precisão. A visão que é conseguida pelo PPRA permite que possamos escolher muito bem as medidas preventivas, e evitam que algumas ações entrem em conflito com outras normas (NETO, 2017). Diante o apresentado, o presente estudo tem como objetivo reconhecer os agentes ambientais que afetam a saúde dos trabalhadores e propor o desenvolvimento e aplicabilidade do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais a fim de eliminar ou minimizar os riscos ambientais no ambiente de trabalho, garantindo assim, maior

segurança para os trabalhadores de uma empresa de estruturas metálicas localizada em Caçador/SC.

2. Materiais e Métodos

Para o cumprimento dos objetivos propostos, o presente estudo foi realizado através de visitas *in loco* na empresa de Estruturas Metálicas CONVICTA e seu enquadramento na NR 09 que estabelece a obrigatoriedade do Programa de Prevenção de Riscos Ambientais - PPRA, conforme itens a seguir.

2.1. Local do estudo

O empreendimento do estudo está localizado na Rua Vereador Etelvino Pedrassani, 1.800, no bairro Vila Kurtz, município de Caçador, Santa Catarina, conforme Figura 1.

Figura 1. Localização empresa;



2.2. Identificação do empreendimento

Para a identificação do empreendimento e das atividades ali realizadas foram realizadas algumas vistorias, sendo que se fez o registro fotográfico do ambiente de trabalho e das máquinas e equipamentos utilizados. As vistorias realizadas no local tiveram por objetivo a identificação dos funcionários, dos ambientes de trabalho e dos riscos ambientais relacionados.

A seguir, uma tabela com informações da empresa utilizada no presente estudo.

Tabela 1. Identificação da empresa do estudo e informações complementares;

Empresa	CONVICTA ESTRUTURAS METALICAS EIRELI - ME
CNPJ	23069502000174
C.N.A.E:	2511000
Grau de Risco	4
Tipo de Atividade	FABRICAÇÃO DE ESTRUTURAS METÁLICAS
Endereço	Rua Vereador Etelvino Pedrassani, 1.800
Bairro	Vila Kurtz
Município	Caçador
CEP	89.500-000
UF	SC

A empresa fabrica, transporta e instala estruturas metálicas para obras na região de Caçador, além de fazer reparos e reformas de estruturas já feitas com materiais metálicos. A empresa conta com um veículo (kombi) para transporte de materiais e funcionários, e quando o material é muito grande, terceirizam o transporte por meio de freteiros da cidade.

O ambiente conta com 250 metros quadrados de galpão que funcionam como estoque e local de produção de elementos para instalação de uma estrutura metálica. O espaço também conta com um banheiro coletivo. Os funcionários, além de trabalhar dentro do galpão, também trabalham em diferentes tipos de edificações e ambiente, sob as condições de iluminação e ventilação natural a luz do dia céu aberto, iluminação e ventilação artificial conforme ambiente e edificação de trabalho.

Em uma das visitas, fez-se o registro fotográfico da empresa e seus maquinários presentes, conforme Figura 2. Os riscos ambientais identificados no ambiente de trabalho serão classificados quantitativa e qualitativamente. A avaliação qualitativa observa as características específicas do ambiente, os agentes ambientais, as atividades exercidas e as funções praticadas. Já a avaliação quantitativa busca mensurar os riscos ambientais com o auxílio de equipamentos específicos de medição. Os agentes ambientais foram identificados qualitativa e quantitativamente através de vistorias no empreendimento e de diálogo com os colaboradores.

Os agentes ambientais especificados na NR09 são classificados em físicos, químicos e biológicos. Estes, em função da sua natureza, concentração ou intensidade e tempo de exposição, podem causar prejuízos a saúde dos trabalhadores. As amostragens no galpão da empresa foram realizadas nos postos de trabalho por um período de 15 minutos ou pelo tempo de um ciclo completo da operação realizadas e extrapoladas para a jornada diária. Foram determinados os efeitos combinados dos diferentes períodos e níveis de ruído da exposição diária, e em ambos os casos feita a comparação com os limites de tolerância da NR 15, para verificar se os valores não excederam os limites permissíveis.

Foram inspecionados os locais de trabalho onde são manuseados produtos químicos, analisado qualitativamente, o emprego destes nas operações e atividades do setor, verificando os riscos da exposição aos produtos com o disposto na NR 15. As observações feitas a partir de vistoria nos locais e processos de trabalho onde ocorre o risco biológico, produzidos pela natureza da atividade desenvolvida pela empresa, e também quanto ao uso coletivo de sanitários, falta de condições de higiene pessoal e outras que poderão acometer os funcionários de doenças infectocontagiosas, dermatites e outras, principalmente no contato com o lixo no processo de coleta. Para a avaliação quantitativa dos risco ambiental (ruído) foi utilizado o equipamento, conforme Tabela 2.

Figura 2. Área e equipamentos utilizados no processo da empresa do estudo:

Fachada da empresa (A), Maquinário utilizado – serra (B), Maquinário utilizado - solda a gás (C), Maquinário utilizado, dobradeira (D), Maquinário utilizado, prensa/ estampa furos (E) e Maquinário utilizado, Transportador de cargas (F).



Tabela 2. Informações decibelímetro, Mara, modelo e calibração;

Modelo	DEC – 500
Marca	Instrutherm
Certificado de calibração	68901/2016
Data de Calibração	Não confirmada
Método de avaliação utilizado	Função <i>Leq</i> para um minuto, em medições realizadas próximas aos equipamentos emissores de ruído

3. Resultados e Discussões

O resultado desse trabalho é a identificação do ambiente de trabalho e a elaboração de uma proposta de Programa de Prevenção de Riscos Ambientais para uma empresa de Estruturas Metálicas, conforme metodologia descrita anteriormente, e de acordo com a Norma Regulamentadora 09 do ano de 1994 do Ministério do Trabalho e Emprego. (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1994).

As medidas propostas a seguir têm por objetivo garantir a preservação da saúde e integridade dos trabalhadores através da identificação dos riscos ambientais e da proposição de metas e medidas de proteção e monitoramento. O Programa de Prevenção de Riscos Ambientais tem como objetivo preservar a saúde e a integridade de todos os trabalhadores da empresa de estruturas metálicas, através da antecipação, reconhecimento, avaliação e controle da ocorrência de riscos ambientais existentes ou que possam a vir existir.

As ações previstas no PPRA devem ser desenvolvidas no âmbito do preenchimento das atividades relacionadas com o processo de produção. É de responsabilidade do empregador contratar profissional habilitado para a elaboração do PPRA, bem como de estabelecer, implementar e assegurar o cumprimento do mesmo. Também, deve informar aos trabalhadores as informações nele contidas.

Os trabalhadores são responsáveis pela colaboração e participação na elaboração e execução do PPRA, por seguirem as diretrizes nele especificadas e também em informar ao seu superior hierárquico ocorrências que possam trazer riscos à sua saúde e/ou integridade física. Eliminar ou reduzir os riscos ambientais aos quais os trabalhadores estão expostos, levando em consideração as Normas Regulamentadoras do Ministério do Trabalho e Emprego aplicáveis às atividades.

As estratégias e respectivas formas de atuação deverão ser desenvolvidas por meio de reuniões de planejamento, confrontação de relatos e dos dados primários levantados em campo.

De acordo com o item 9.3.8 da Norma Regulamentadora 09 (1994), o empregador deverá manter o registro dos dados de forma que seja possível a construção de um histórico técnico e administrativo, por um período de no mínimo 20 (vinte) anos. Para a manutenção do PPRA se faz necessário a avaliação periódica para verificar o andamento dos trabalhos e os cumprimentos dos objetivos e metas especificadas no programa. Os dados levantados deverão estar disponíveis a quem interessar, seja aos

trabalhadores, representantes ou autoridades competentes. As informações referentes ao PPRA serão fornecidas através de palestras, diálogos e murais. O PPRA deve ser reavaliado anualmente com base nos resultados obtidos durante a sua execução. É necessária a avaliação do seu desenvolvimento e cumprimento das metas para que assim possa ser estabelecidas novas metas e prioridades.

A empresa de Estruturas metálicas CONVICTA conta com 8 (oito) colaboradores, exercendo as seguintes atividades, conforme mostra a Tabela 3.

Tabela 3. Descrição das funções dos colaboradores com o processo;

FUNÇÃO	FUNC.	ATIVIDADE	CARGA HORARIA
MONTADOR	4	Realizam atividades de montador, operam máquinas, equipamentos e ferramentas para montagem de estruturas e esquadrias metálicas, preparam, unem, cortam, lixam, pintam, furam as peças de ligas metálicas usando processos de soldagem e cortes, preparam equipamentos e acessórios consumíveis de soldagem e corte de peças a serem soldadas, carregam e descarregam materiais, organizam setores e postos de trabalho.	8,48H/DIA
AUXILIAR DE MONTADOR	1	Realiza atividades de auxiliar de montador, ajuda na operação de máquinas, equipamentos e ferramentas para montagem de estruturas e esquadrias metálicas, prepara, une, corta, lixa, pinta, fura as peças de ligas metálicas usando processos de soldagem e cortes, prepara equipamentos e acessórios consumíveis de soldagem e corte de peças a serem soldadas, carrega e descarrega materiais, organizam setores e postos de trabalho.	8,48H/DIA
SOLDADOR	2	Realizam atividades de soldador; preparam, unem, cortam, lixam, pintam e furam as peças de ligas metálicas usando processos de soldagem e cortes, operam máquinas, equipamentos e ferramentas para montagem de estruturas e esquadrias metálicas, preparam equipamentos e acessórios consumíveis de soldagem e corte de peças a serem soldadas, carregam e descarregam materiais, organizam setores e postos de trabalho.	8,48H/DIA
AUXILIAR DE SOLDADOR	1	Realiza atividades de auxiliar de soldador; prepara, une, corta, lixa, pinta e fura as peças de ligas metálicas usando processos de soldagem e cortes, opera máquinas, equipamentos e ferramentas para montagem de estruturas e esquadrias metálicas, prepara equipamentos e acessórios consumíveis de soldagem e corte de peças a serem soldadas, carrega e descarrega materiais, organiza setores e postos de trabalho.	8,48H/DIA

O reconhecimento dos riscos a que estão expostos os colaboradores são praticamente

os mesmos, pois apesar de exercerem funções distintas, eles estão expostos a praticamente os mesmos riscos ambientais dentro de uma obra ou montagem de uma estrutura. As obras/estruturas são feitas de acordo com a demanda e com as condições climáticas (no caso de instalação). As tabelas a seguir (Tabela 04, 05, 06 e 07) mostram a relação de exposição/avaliação de riscos de acidente presentes na empresa.

Tabela 4. Exposição/Avaliação a riscos ambientais – Acidente;

RISCO DE ACIDENTE	Batidas, contusões, entorses, corpo estranho nos olhos, quedas trabalhos em altura
Exposição	Habitual e Intermitente
Técnica utilizada	Análise QUALITATIVA
Fonte Geradora	Desempenho das atividades (máquinas, equipamentos, ferramentas utilizadas no processo e trabalhos em altura)
Trajetória	Processo ambiente e condições de trabalho
Possíveis danos a saúde	Lesão/ferimento decorrente do risco gerador (batidas, contusões, entorses, corpo estranho nos olhos, quedas trabalhos em altura).
Recomendações	- Emitir Ordem de Serviço de Segurança (NR 01) (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978), realizar exames médicos (NR 07- PCMSO) (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978), fornecimento e cobrança quanto à utilização dos EPIs (calçado de segurança, óculos ampla visão, luva e avental de raspa, cinto de segurança tipo paraquedista para trabalhos em altura acima de 02 metros e capacete de segurança com jugular), realizar manutenção preventiva nas máquinas e equipamentos, realizar treinamento em altura conforme NR 35, manter limpeza e organização nos setores e postos de trabalho. - Manter níveis de luz compatíveis com o ambiente em que esta se desenvolvendo o trabalho

Tabela 5. Exposição/Avaliação a riscos ambientais – Ergonômico;

RISCO ERGONOMICO	Posturas incorretas,
Exposição	Habitual e Intermitente
Técnica utilizada	Análise QUALITATIVA
Fonte Geradora	Posturas incorretas, atenção e responsabilidade, esforço físico, levantamento e transporte manual de peso.
Trajetória	Ambiente e condição de trabalho, processo das atividades
Possíveis danos a saúde	Possíveis dores musculares, fadiga, stress físico e psíquico.
Recomendações	Treinamento de posturas corretas, treinamento de levantamento e transporte manual de peso, adotar procedimentos de trabalho compatível com as condições,

	capacidades e limitações do ser humano. Manter níveis de luz compatíveis com o ambiente em que esta se desenvolvendo o trabalho.
--	---

Tabela 6. Exposição/Avaliação a riscos ambientais – Físico;

RISCO FÍSICO	Radiação não ionizante, Ruídos de máquinas e equipamentos.
Exposição	Habitual e Intermitente.
Técnica utilizada	Analises: A) QUALITATIVA – Radiação não ionizantes B) QUANTITATIVA – Ruídos Limite de tolerância – 85 Unidade de medida – dB(A) Nível encontrado durante a medição – 93**
Fonte Geradora	Provenientes de máquinas e equipamentos utilizadas no processo das atividades.
Trajectoria	Aérea e contato.
Possíveis danos a saúde	Possíveis queimaduras, alergias de pele, lesões oculares, alterações ao nível respiratório. Possíveis Perdas Auditiva Induzida pelo Ruído (PAIRO), irritações e dores de cabeça.
Recomendações	Fornecimento e cobrança quanto à utilização dos EPIs (máscara facial e conjunto para solda, calçado de segurança, luva, avental, perneira de raspa, protetor auricular) e treinamento sobre o mesmo, estudar possibilidade de enclausuramento e modificações das máquinas produtoras de ruído, realizar manutenção preventiva nas máquinas quanto a redução de ruído, realizar exames audiométricos.

** Maior nível de ruído encontrado durante a medição no processo de cortar uma liga metálica – e toda a jornada de trabalho.

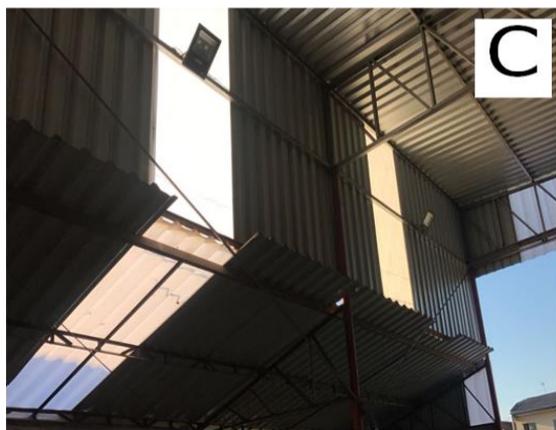
Tabela 7 - Exposição/Avaliação a riscos ambientais – Químico;

RISCO QUÍMICO	Derivados de petróleo, tintas, solventes, fumos de solda e poeiras.
Exposição	Habitual e Intermitente
Técnica utilizada	Análise QUALITATIVA
Fonte Geradora	Processo das atividades, poeiras e derivados de petróleo, tintas, solventes e fumos de solda.
Trajectoria	Aérea, contato e inalação.
Possíveis danos a saúde	Possíveis problemas respiratórios, dermatoses, alergias de pele, intoxicação.

Recomendações	Fornecimento e cobrança quanto à utilização dos EPIs (respirador descartável para poeiras, respirador com filtro químico para pintura, calçado de segurança, luva e avental de raspa, luva látex, óculos ampla visão).
---------------	--

A empresa já conta com EPI'S, praticamente desde o primeiro mês em que começaram a fabricar as estruturas. O administrador sabe da importância destes equipamentos e da importância de ter colaboradores que trabalham com uma tranquilidade maior devido a ter uma maior segurança em seus ambientes de trabalho, devido a orientação do técnico do estudo, além de ser uma forma de marketing na hora de vender seu serviço, mostrando qualidade e segurança. Foi feito o registro de EPI'S presentes na empresa, como pode-se ver na Figura 3.

Figura 3. Equipamentos de proteção individual utilizado na empresa do estudo: Protetor auricular tipo concha (A), Sapato de segurança com bico de aço (B), Galpão com telhas translúcidas e refletores para melhorar a qualidade de iluminação (C), Óculos de segurança com Certificado de Aprovação – C.A (D), Filtro para respirador (E) e Gel desengraxante para mãos (F).



Com base na NR 06 Equipamentos de Proteção Individual (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978), a empresa é obrigada a fornecer os EPIs necessários aos funcionários, em perfeito estado de conservação e funcionamento e validade. Também cabe ao empregador exigir o uso dos equipamentos bem como fornecer orientações sobre o uso adequado. Já ao empregado cabe a utilização adequada, conforme informações fornecidas, dos equipamentos, e a obrigatoriedade de comunicar ao seu empregador qualquer necessidade de substituição de EPI.

É necessário que a empresa mantenha o registro de entrega de EPI's por meio de fichas de recebimento. É necessário seguir os limites propostos no Anexo I da NR 15. Visto os fatos levantados, propõe-se o seguinte cronograma de ações, conforme tabela a seguir, a serem feitas pelo responsável pela empresa do estudo (MINISTÉRIO DO TRABALHO, 1978).

Tabela 8. Cronograma de ações;

Ação	Prazo	Responsável
Implantar ordem de serviço para cada função	Imediato	Empregador
Designar responsável em monitorar as ações especificadas no PPRA	Imediato	Empregador
Fornecer todos EPI'S e EPC'S	Imediato	Empregador
Realizar manutenção preventiva das máquinas e equipamentos	De acordo com o manual do fabricante, ou quando se fizer necessário	Empregador
Supervisionar o uso de EPI	Imediato	Responsável designado pelo empregador
Renovar o PPRA	Prazo de um ano	Empregador

É importante que a empresa implemente (ou continue implementando) as orientações descritas no presente documento a fim de garantir a saúde e segurança dos seus colaboradores. Também cabe a empresa realizar treinamento de segurança e fornecer orientações aos interessados. Faz-se necessário que a empresa realize um relatório de planejamento das ações, para que as melhorias sejam registradas e efetuadas.

Depois de um ano do PPRA, faz-se necessário um relatório de avaliação das ações que foram realmente feitas, e ver os pontos em que podem ser feitas melhorias. A empresa tem planos de, nos próximos meses, mudar para um galpão maior, onde as condições de trabalho serão melhores. Medidas como enclausurar máquinas, exaustores de ar, vestiário com banheiros e chuveiros foram sugeridas.

Assim como outros artigos de estudos similares, o presente estudo atingiu seu principal objetivo. De acordo com Lamounier (2011), a partir do estudo, será criado e aplicado procedimentos e métodos que auxiliarão os operários a trabalhar com mais segurança, evitando acidentes, reduzindo riscos e melhorando o gerenciamento de riscos da empresa analisada.

E também serão propostas algumas simples mudanças nas dependências da empresa como: isolamento acústico do local onde se realiza o corte das peças metálicas. Segundo Gonçalves et al. (2008), sugere-se maneiras de diminuir o ruído das máquinas, como por exemplo o enclausuramento que encobre completamente as fontes de ruído. O controle de ruído por enclausuramento é uma solução prática e viável para redução de ruído de uma máquina que já está instalada e em funcionamento, mas cada caso deve ser estudado buscando-se a melhor alternativa.

4. Conclusão

Por meio do estudo, pode-se concluir que os riscos analisados durante os dias de visitas, que as medidas para a segurança e bem estar dos colaboradores precisam ser continuamente revistas e melhoradas. Apesar de já contar com EPI'S, outras melhorias podem ser feitas, como, por exemplo, enclausuramento de algumas

maquinas (dobradeiras e solda), isolamento acústico e treinamentos periódicos de uso de EPI'S para que os colaboradores saibam da importância do uso para manter uma qualidade de vida dentro de seu ambiente de trabalho.

O estudo visou propor um PPRA para uma empresa de estruturas metálicas, mas para se ter um laudo conclusivo mais preciso, teriam de ser feitas visitas mais frequentes, tanto no galpão como em uma obra externa, para que desta forma todos os riscos possíveis pudessem ser levantados e posteriormente mitigados, visando o caráter teórico do estudo, foi feita a medição de ruído mesmo tendo um aparelho com baixa confiabilidade, devido não ter seu ultimo registro de calibração, porém o procedimento foi feito para que uma análise quantitativa também fosse apresentada.

Tendo como base os conhecimentos adquiridos em sala de aula e adicionando PPRA's lidos durante o curso e artigos similares, o presente trabalho mostrou que um PPRA é de extrema importância para o bom funcionamento de uma empresa, de qualquer ramo, onde se tem como objetivo principal a ação de varias atividades com a mais alta qualidade e segurança possível. No caso da empresa CONVICTA, o PPRA se mostra muito importante para a saúde dos trabalhadores, que exercem atividades que cotidianamente põe em risco sua saúde. É de obrigação do empreendedor sempre estar melhorando a qualidade de trabalho de seus funcionários.

Considerando as informações apresentadas é possível assegurar que o presente estudo atingiu o seu principal objetivo de propor um PPRA, com base nas diretrizes impostas na NR 09 do Ministério do Trabalho e Emprego, visando a otimização da saúde e segurança dos colaboradores, a partir da proposição de medidas e ações preventivas e mitigatórias.

Referências

BRASIL. Lei nº 8213, de 24 de julho de 1991. **Dispõe Sobre Os Planos de Benefícios da Previdência Social e Dá Outras Providências.** Brasília. Disponível em: http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/L8213cons.htm> Acesso em: 15 ago. 2017.

GONÇALVES, C.G.O.; VILELA, R.A.G.; FACCIN, R.; BOLOGNESI, T.M.; GAIOTTO, R.B. Ambiente de trabalho e a saúde do trabalhador: Uma proposta de controle do ruído. **INTERFACEHS – Revista de Gestão Integrada em Saúde do Trabalho e Meio Ambiente**, São Paulo, v.3, n.2, p.1-19, Abr./Ago. 2008.

LAMOUNIER, B.S.M. **Proposta de uma Metodologia Para a Implantação de um Sistema de Melhoria do Gerenciamento de Riscos de Acidentes de Trabalho em uma Empresa do Setor de Construção Civil Atuante em Todo Sul de Minas Gerais.** 2011. 60f. Monografia - Engenharia de Produção. UNIFOR, Centro Universitário de Formiga, MG.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. **NR 09:** Programa de Prevenção de Riscos Ambientais. Brasil. 1994. Disponível em:

<http://trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR09/NR-09-2016.pdf>. Acesso em 22 ago. 2017.

NETO, N.W. SEGURANÇA DO TRABALHO NWN. **A importância do PPRA. 2017**. Disponível em: <http://segurancadotrabalhonwn.com/a-importancia-do-ppra/>. Acesso em 25 set. 2017.

ORGANIZAÇÃO DAS NAÇÕES UNIDAS. OIT: **Mais de 313 milhões de trabalhadores sofrem acidentes de trabalho todos os anos. 2015**. Disponível em: <https://nacoesunidas.org/oit-mais-de-313-milhoes-de-trabalhadores-sofrem-acidentes-de-trabalho-todos-os-anos/>. Acesso em: 22 ago. 2017.

PEIXOTO, N.H.; FERREIRA, L.S. **Higiene Ocupacional I, 2012**. Disponível em: http://estudio01.proj.ufsm.br/cadernos_seguranca/segunda_etapa/higiene_ocupacional_1.pdf> Acesso em: 22 ago. 2017.