



ISBN 978-85-7170-009-3



9 788571 700093

ALESSANDRO REINALDO ZABOTTO
(Org)

ESTUDOS SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS

Uma abordagem contemporânea



Botucatu – SP

2019

© 2019 FEPAF

Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais

Avenida Universitária, 3780

Fazenda Experimental Lageado

CEP: 18610-034 - Botucatu, SP

Tel.: (0xx14) 3880-7127

<http://www.fepaf.org.br>

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA SEÇÃO TÉCNICA DE AQUISIÇÃO E TRATAMENTO DA INFORMAÇÃO – DIRETORIA TÉCNICA DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO - UNESP - FCA - LAGEADO - BOTUCATU (SP)

Estudos sobre impactos ambientais: Uma abordagem contemporânea
E82 Organizador: Alessandro Reinaldo Zabotto - Botucatu: FEPAF, 2019
293 p.: fots. color., grafs., ils. color., tabs.

1 livro digital

Disponível em: <http://www.fepaf.org>

ISBN 978-85-7170-009-3

Inclui bibliografia

1. Impacto Ambiental. 2. Licenciamento Ambiental. 3. Planejamento Ambiental. 4. Legislação Ambiental. I. Zabotto, Alessandro Reinaldo. II. Fundação de Estudos e Pesquisas Agrícolas e Florestais. III. Júlio de Mesquita Filho. Faculdade de Ciências Agrônômicas.

CDD 23. ed. (632.1)

A reprodução desta obra é livre e irrestrita, desde que citadas as fontes.

ii

CONSELHO EDITORIAL ACADÊMICO

(Doutores do Departamento de Química e Bioquímica –
IBB/UNESP) PEDRO DE MAGALHÃES PADILHA

WILLIAN FERNANDO ZAMBUZZI

GUSTAVO DA ROCHA DE CASTRO

REVISÃO DOS TEXTOS

ALESSANDRO REINALDO ZABOTTO


FERNANDO BROETTO

THAIS ARRUDA COSTA JOCA

EDITORAÇÃO

THAIS ARRUDA COSTA JOCA

ORGANIZADOR



Alessandro Reinaldo Zabotto é graduado em Ciências Biológicas pela Universidade Nove de Julho. Mestrando em Agronomia (Energia na Agricultura) no PPG/FCA - UNESP. Realiza palestras, cursos e consultoria para empresas com temas relacionados a impactos ambientais, sustentabilidade e licenciamento ambiental. Na pós-graduação, atua na área de Agronomia com ênfase em fertilidade do solo, nutrição de plantas, fisiologia e metabolismo vegetal.

iii

Ariadne Farias

Adjane Brito Alves

AUTORES

Engenheira Civil, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Alexandre Camargo Martensen

Biólogo, Doutor em Ecologia, Professor Adjunto, Centro de Ciências da Natureza – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189, CEP 18280-000, Buri – SP.

Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto

Biólogo, Pós-graduado em Gestão Integrada da Qualidade, Meio Ambiente, Saúde e Segurança e Responsabilidade Social - Centro Universitário SENAC, São Paulo - SP.

Alícia Giolo Hippólito

Médica Veterinária, Programa de Pós-graduação em Animais Selvagens – Faculdade de Medicina Veterinária e Zootecnia, Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin 250, CEP 18618-689, Botucatu – SP.

Alessandro Reinaldo Zabotto

Biólogo, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Andreza Portella Ribeiro

Química, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho

(UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Geógrafa, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Cleber da Silva Costa

Biólogo, Professor Universitário - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Dariane Priscila Franco de Oliveira

Engenheira Florestal, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Edilson Ramos Gomes

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Agronomia (Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Fabricio Bau Dalmas

Biólogo, Programa de Pós-graduação em Análise Geoambiental, Universidade Univeritas (UNG). Rua Eng. Prestes Maia, 88, CEP 07023-070, Guarulhos – SP.

Fernando Broetto

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências, Professor Associado – Departamento de Química e Bioquímica, Universidade Estadual Paulista (UNESP) – Instituto de Biociências. Rua Profª. Dra. Irina Delanova Gemtchujnicov, s/n, CEP 18618-693, Botucatu - SP.

iv

Fernando Periotto

Biólogo, Doutor em Ecologia, Professor Associado, Centro de Ciências da Natureza - Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189, CEP 18290-000, Buri – SP.

Engenheiro Agrônomo, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Gabryele Silva Ramos

Engenheira Agrônoma, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Proteção de Plantas), Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18618-693, Botucatu - SP.

Heloísa Eliete Marques de Oliveira

Bióloga, Centro de Ciências da Natureza – Universidade Federal de São Carlos (UFSCar). Rod. Lauri Simões de Barros, km 12 - SP-189, CEP 18290-000, Buri – SP.

Gilson Stanski

Biólogo, Doutor em Zoologia - Departamento de Zoologia, Instituto de Biociências - Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin 250, CEP 18618-689, Botucatu – SP.

José Maurício dos Santos Mendes

Engenheiro Eletrônico, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Juliano de Jesus Bueno

Engenheiro Elétrico, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-000, São Paulo – SP.

Gracielli Foli

Arquiteta, Faculdade de Arquitetura - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-000, São Paulo – SP.

Karina Gonçalves da Silva

Bióloga, Programa de Pós-graduação em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo

Gustavo Ramos Gomes

(CENA/USP). Avenida Centenário, 303, CEP 13400-970, Piracicaba – SP.

Leonardo Ferreira da Silva

Tecnólogo em Transportes Terrestres, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Luciane Cristina Lazzarin

Engenheira Florestal, Programa de Pós-graduação em Ciências Florestais – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Luis Carlos Quimbayo Guzmán

Biólogo, Programa de Pós-graduação em Ecologia –

Maurício Lamano Ferreira

Biólogo, Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Avenida Centenário, 303, CEP 13400-970, Piracicaba – SP.

Mauro Ramon

Engenheiro Ambiental, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Patrícia Bulbovas

Bióloga, Pós-graduação em Análise Geoambiental, Universidade Univeritas UNG. Rua Eng. Prestes Maia, 88, CEP 07023-070, Guarulhos – SP.

Plínio Barbosa de Camargo

Engenheiro Agrônomo, Doutor em Ciências (Energia Nuclear na Agricultura - Centro de Energia Nuclear na Agricultura da Universidade de São Paulo (CENA/USP). Avenida Centenário, 303 - CEP 13400-970, Piracicaba – SP.

Priscila de Oliveira Barbosa

Bióloga, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP: 01504-000, São Paulo – SP.

Ricardo Pedro Guazzelli Rosario

Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP). Rua Monteiro Lobato, 255, CEP 13083-862, Campinas – SP.

Marcelo Freire Mendonça

Engenheiro Florestal, Programa de Pós-graduação em Cidades Inteligentes e Sustentáveis - Universidade Nove de Julho (UNINOVE). Rua Vergueiro, 235/249, CEP 01504-000, São Paulo – SP.

Márcio Luiz Moura Santos

Engenheiro Agrônomo, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

v

Biólogo, Advogado, Mestre em Direito Político e Econômico, Mestre e Doutor em Meio Ambiente e Conservação da Biodiversidade – Faculdade de Direito, Universidade Presbiteriana Mackenzie. Rua da Consolação 930, CEP 04045-972, São Paulo - SP.

Tamiris Cristina Oliveira de Andrade

Tecnóloga em Agronegócio, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Tatiane Cristovam Ferreira

Engenheira Ambiental, Programa de Pós-graduação em Agronomia (Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agronômicas, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua José Barbosa de Barros, 1780, CEP 18610-307, Botucatu – SP.

Thais Arruda Costa Joca

Licenciada em Ciências Biológicas, Programa de Pós-graduação em Ciências Biológicas (Botânica) – Instituto de Biociências, Universidade Estadual Paulista (UNESP). Rua Prof. Dr. Antônio Celso Wagner Zanin, 250- CEP 18618-689, Botucatu – SP.

Valdemício Ferreira de Sousa

Engenheiro Agrônomo, Pesquisador da Embrapa Meio-Norte (EMBRAPA). Avenida Duque de Caxias, 5650, CEP 64006-220, Teresina - PI.

Vitor Carvalho Ribeiro de Araújo

Engenheiro Agrônomo, Programa de Pós-graduação

PREFÁCIO

A sociedade humana passou por diversas transformações sociais, econômicas e ambientais nas últimas décadas, e com isso a proteção do meio ambiente foi ganhando espaço no âmbito jurídico. Em 1987 foi criado pela ONU o conceito de desenvolvimento sustentável, no qual as atividades atuais desenvolvidas pelo ser humano devem suprir as necessidades sem comprometer as futuras gerações.

Com o desenvolvimento das cidades e o intenso modo de vida consumista, profundas alterações são causadas no meio ambiente natural, as quais são denominadas de impactos ambientais antrópicos. Nesta obra, estão

reunidos capítulos com ampla

abordagem sobre estes impactos em diferentes ecossistemas, e ainda, a legislação ambiental vigente em diferentes esferas governamentais.

De tal modo, é com imenso prazer que organizei este livro, para que possa trazer ferramentas e informações atualizadas, além de embasar novos estudos sobre o tema à comunidade científica, aos órgãos públicos e privados, especialistas da área ambiental e ao público em geral.

Portanto, deixo aqui meu agradecimento a todos acadêmicos e profissionais de diversas instituições e áreas, que colaboraram para a realização desta obra.

Alessandro Reinaldo Zabotto

“Se soubesse que o mundo se acaba amanhã, eu ainda hoje plantaria uma árvore”.
Martin Luther King Jr.

Sumário

Capítulo 1

Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos

Urbanos *Tatiane Cristovam Ferreira; Thais Arruda Costa Joca; Fernando Broetto, 1*

Capítulo 2

Água Residuária: Usos e Legislação

Dariane Priscila Franco de Oliveira; Tamiris Cristina Oliveira de Andrade; Fernando Broetto, 11

Capítulo 3

Os Efeitos dos Impactos Ambientais no Cenário Empresarial Brasileiro

Tamiris Cristina Oliveira de Andrade; Dariane Priscila Franco de Oliveira; Fernando Broetto, 20

Capítulo 4

O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária

Marcelo Freire Mendonça; Maurício Lamano Ferreira, 25

Capítulo 5

Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

Fernando Periotto; Heloísa Eliete Marques de Oliveira; Ariadne Farias; Alessandro Reinaldo Zabetto, 58

Capítulo 6

Medição de Carbono em Florestas Urbanas: Importância e Metodologias

Capítulo 7

Poluição dos Solos: Um Inimigo Oculto

Andreza Portella Ribeiro; Maurício Lamano Ferreira; Adjane Brito Alves; Leonardo Ferreira da Silva, 108

Capítulo 8

Impactos Ambientais de Pesticidas sobre o Solo

Vitor Carvalho Ribeiro de Araújo; Tatiane Cristovam Ferreira; Márcio Luiz Moura Santos; Gabryele Silva Ramos; Gustavo Ramos Gomes, 128

Capítulo 9

Monitoramento de Solução do Solo Cultivado e Conservação

Edilson Ramos Gomes; Valdemício Ferreira de Sousa; Fernando Broetto, 144

Capítulo 10

Restauração de Áreas Degradadas: Impactos Geradores e Processos de Restauração Ecológica

Fernando Periotto; Alexandre Camargo Martensen, 153

ix

Capítulo 11

Uso de Geoprocessamento em Estudos Ambientais: Uma Abordagem Voltada para o Licenciamento Ambiental

Fabricio Bau Dalmas; Patrícia Bulbovas; Maurício Lamano Ferreira, 163

Capítulo 12

Genética da Conservação de Florestas

Cleber da Silva Costa; Thais Arruda Costa Joca; Luciane Cristina Lazzarin, 177

Capítulo 13

Contextualização Econômica e Ambiental da Silvicultura Brasileira de Florestas Plantadas

Alessandro Reinaldo Zabotto; Cleber da Silva Costa; Thais Arruda Costa Joca; Fernando Broetto, 187

Capítulo 14

Impactos Ambientais Antrópicos no Ambiente Marinho

Gilson Stanski; Alicia Giolo Hippólito, 198

Capítulo 15

Pesca de Arrasto Camaroneira: Implicações no Ecossistema Marinho

Gilson Stanski; Alicia Giolo Hippólito, 212

Capítulo 16

O Plano Municipal da Mata Atlântica como Instrumento de Regulação Ambiental: Uma Conexão entre Pessoas, Cidade e Natureza

José Maurício dos Santos Mendes; Maurício Lamano Ferreira; Gracielli Foli; Juliano Bueno, 225

Capítulo 17

Licenciamento Ambiental no Estado de São Paulo

Ricardo Pedro Guazzelli Rosario, 238

Capítulo 18

Legislação Federal Aplicada ao Licenciamento Ambiental

Alberto Cavalcanti de Figueiredo Netto, 255



Capítulo

1

Tatiane Cristovam Ferreira; Thais Arruda Costa Joca; Fernando Broetto

Ferreira, T. C., Joca, T. A. C., Broetto, F. 2019. Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil. pp. 1-10.

1. PANORAMA DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

O resíduo sólido é todo e qualquer resto de material proveniente das atividades humanas com características específicas, que podem ser reciclados e empregado como matéria-prima de um novo produto/processo ou reutilizado. Eles podem ser encontrados nos estados sólido, líquido, semissólido e/ou gasoso, resultante das atividades industriais, hospitalar, comércio, serviços de limpeza urbana e domiciliar (MOTTA et al. 2009).

Quando se trata do que não pode ser reaproveitado cuja única possibilidade é o descarte, qualificamos como rejeito. É importante entender essas condições para compreender a dinâmica e os possíveis impactos da intensificação do descarte indiscriminado desses resíduos.

Estima-se que os resíduos sólidos urbanos descartados estão crescendo mais rapidamente que a proporção de crescimento populacional (REIS; CONTI; CORREA, 2015). Nos últimos anos, os dados de geração são cada vez maiores e alarmantes, devido

à quantidade e diversidade do que é descartado descontroladamente pela sociedade moderna.

Com o advento do desenvolvimento tecnológico, crescimento populacional e migração desordenada para os centros urbanos, os hábitos de consumo da sociedade foram mudando. Itens que duravam anos, atualmente são descartados a cada novo modelo que é lançado. Isso se soma à geração de resíduos domiciliares, que é cada vez maior (GUERRA; SANDER, 2019).

Concomitante ao desenvolvimento tecnológico, a capacidade de produção e volume total de bens de consumo acentuou-se consideravelmente. Esse avanço na produção incidiu no aumento da extração de recursos naturais e da disposição de resíduos,

1



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

provenientes dos processos produtivos e também do pós-consumo (FOSTER; ROBERTO; TOSHIRO, 2016).

A concentração da população nas cidades, resultante do processo de êxodo rural em busca de melhores condições, também agravou essa problemática, com as mudanças de um perfil basicamente rural para um ambiente predominantemente urbano. Ademais, durante esse período não havia preocupação com o meio ambiente: os resíduos acumulavam-se pelas ruas e imediações, e as áreas vazias e distantes dos centros urbanos eram usadas para disposição dos resíduos (RIBEIRO; MENDES, 2018).

Acompanhado desses avanços, o consumo de produtos industrializados foi crescendo, e, por conseguinte, a produção de resíduos provenientes desses produtos: embalagens, sacos plásticos, isopor, lata, papel, vidro e resíduos orgânicos (GUEDES; JUNIOR, 2015).

De 2016 para o ano 2017 a geração de resíduos cresceu cerca de 1%, representado por uma produção diária de 214.868 toneladas, e um total anual de 78,4 milhões de toneladas. Desse montante, 40, 9% dos resíduos coletados foram depositados em locais inadequados (ABRELPE, 2017).

A disposição final de Resíduos Sólidos Urbanos (RSUs) em áreas inadequadas sem nenhum critério técnico, com a descarga de rejeitos diretamente sobre o solo, sem qualquer tratamento prévio ou medida de contenção, tem provocando sérios impactos negativos, colocando em risco o meio ambiente e a saúde pública (LOPES; LEITE; PRASAD, 2016; SIQUEIRA; MORÃES, 2009).

Só em 2017, 29 milhões de toneladas de resíduos foram despejados em locais inadequados por 3.352 municípios brasileiros; 6,9 milhões não foram registrados na coleta, e conseqüentemente tiveram destino impróprio (ABRELPE, 2017).

Os lixões são os locais de descarte de RSUs ancestrais usados no Brasil. A disposição é feita diretamente no solo em céu aberto, sem nenhuma medida de controle das operações e de proteção ao meio ambiente.

Os aterros controlados são a uma forma de disposição mais eficiente comparada aos lixões, que acabam se tornando uma alternativa intermediária entre os lixões e os aterros sanitários, mas do ponto de vista ambiental é um sistema defeutivo para o controle e gerenciamento dos resíduos, dado que a única medida utilizada nos aterros controlados é a cobertura dos resíduos com uma camada de material inerte.

2



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

Com base nos impactos ambientais e no que prevê a legislação brasileira, os aterros sanitários seriam a forma de disposição mais indicada por dispor de um sistema de impermeabilização, tratamento de percolado, monitoramento e outras medidas de mitigação dos impactos ambientais.

2. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL E A GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Decorrente do intenso processo de degradação motivado pelo desenvolvimento descontrolado, o poder público viu a necessidade de criar legislações como instrumentos de defesa do meio ambiente, instituindo a Lei 6.938/81, que dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Esse foi o primeiro grande marco para proteção ambiental, em um momento que o desenvolvimento a qualquer custo estava avançando nocivamente.

A Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA), dentre seus instrumentos, define as penalidades e sanções para os responsáveis pelos impactos ambientais negativos, independente de culpa, devendo indenizar ou reparar os danos decorrentes de suas atividades (BRASIL, 1981).

Posteriormente em 1986, o Conselho Nacional do Meio Ambiente, publicou a resolução para implementação da Avaliação de Impacto Ambiental (AIA), um dos instrumentos da PNMA. Definindo impacto ambiental como sendo qualquer alteração das propriedades físicas, químicas e biológicas do meio ambiente, resultante das atividades humanas que, direta ou indiretamente possam afetar a saúde, a segurança e o bem-estar da população, as atividades sociais e econômicas, biota, condições estéticas e sanitárias do meio ambiente, bem como a qualidade dos recursos ambientais (BRASIL, 1986).

Desse modo, a PNMA já vem sinalizando a proibição do descarte inadequado dos

resíduos desde 1981, e a partir da definição do impacto ambiental, dado pela resolução do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA) foi possível alicerçar a disposição inadequada de resíduos, como uma atividade que gera impacto ambiental.

O lançamento de resíduos sólidos, líquidos e demais substâncias fora dos limites legais que possam vir a produzir qualquer tipo de poluição e, por consequência, danos à saúde humana, mortalidade de animais ou a destruição significativa da flora, devem ser caracterizadas como crime ambiental, previsto na Lei de Crimes Ambientais (Lei 9.605/98). Segundo a lei, devem ser aplicadas as seguintes sanções: reclusão de um a cinco anos e multa nos responsáveis (BRASIL, 1998).

3



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

Embora nos últimos anos o respaldo da legislação veio se fortalecendo em busca de alternativas para proteção do meio ambiente, as mudanças no cenário sociopolítico e educacional, os avanços das tecnologias e o crescente aumento populacional, propiciou o aumento dos RSU's gerados, tornando-se necessário que os governantes propusessem leis para tentar reduzir a geração e conscientizar a população dos impactos causados ao meio ambiente.

Posto isso, em 2010 foi sancionada a Lei 12.305/10, com o intuito de buscar soluções para o gerenciamento deficiente e disposição inadequado dos resíduos sólidos devido ao agravamento dos impactos gerados antes, durante e depois do processo (pós consumo).

A Lei 12.305/10 dispõe a respeito da Política Nacional de Resíduos Sólidos Urbanos (PNRS), definindo princípios, objetivos e instrumentos para tratar a gestão e gerenciamento dos resíduos sólidos. Estabelece deveres e as responsabilidades dos seus geradores, dando prioridade para a não geração, redução, reutilização, reciclagem, tratamento e disposição em local ambientalmente adequado. Instaura o fechamento dos lixões, a implantação da coleta seletiva pelos municípios, acordo setoriais, a desaceleração do consumo e a minimização na geração de resíduos (BRASIL, 2010). Além disso, determina os planos de gerenciamento de resíduos sólidos nas esferas federais, estadual e municipal, como instrumento fundamental para o planejamento da gestão (SEGALA; ROMANI, 2014).

3. IMPACTO AMBIENTAL DO DESCARTE INADEQUADO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS

Uma das principais formas de destinação dos RSU's gerados no Brasil são os depósitos a céu aberto, os famosos “lixões” e os aterros controlados. Esse tipo de

disposição se tornou oficialmente irregular, após a publicação da PNRS que estabeleceu o ano de 2014 como prazo limite para o fechamento de todos os lixões em funcionamento, e a partir dessa data os rejeitos deveriam ter uma disposição ambientalmente adequada.

Embora tenha havido avanços nos últimos nove anos, atualmente ainda estão em funcionamento 1.559 lixões e 1.772 aterros controlados, que estão sendo utilizados para disposição final de resíduos sólidos urbanos (ABREPE, 2017). Esses sistemas de disposição são responsáveis por diversos impactos ambientais e riscos à saúde pública, tais como: contaminação do solo, rios e lençóis freáticos; assoreamento; enchentes;

4



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

proliferação de vetores transmissores de doenças; além de contribuir para emissão de gases de efeito estufa e para poluição visual (GOUVEIA, 2012).

O processo de disposição dos resíduos sólidos nas áreas de lixões e aterros controlados favorece a degradação do solo, diminuindo a porosidade, infiltração, estabilidade, aeração e fertilidade, tornando o solo mais suscetível à processos erosivos (SOUZA, 2004).

As principais causas da poluição do solo, se dá pelo acúmulo de lixo sólido, como embalagens de plástico, papel e metal, e de produtos químicos, como fertilizantes, pesticidas e herbicidas (SILVA et al. 2015). Isso porque, óleos, solventes, gorduras, ácidos, metais pesados e produtos químicos alteram a estrutura química e física do solo.

A composição dos resíduos sólidos é bem diversa e complexa, contemplando desde vidro, plástico, papel, metais, matéria orgânica, madeira, restos de tecidos, contaminantes biológicos à contaminantes químicos e inertes (MMA, 2019; FARIA, 2005). Dessa forma, a contaminação do substrato pode se dar por diversos poluentes e suas interações.

A liberação dessas substâncias tóxicas pode ser transferida a partir do lançamento dos resíduos e rejeitos diretamente no solo, e tais perturbações físicas podem alterar a densidade, consistência do solo e sua drenagem natural, colaborando para o processo de lixiviação dos contaminantes (DINIZ; FRAGA, 2005).

O lixiviado é resíduo líquido gerado na decomposição dos materiais putrescíveis presentes nos rejeitos, proveniente da umidade natural, ou da percolação de água de chuva através da massa de resíduos sólidos, carregando os produtos da decomposição biológica e elemento minerais em dissolução (SÁ et al. 2012). O lixiviado deixa o solo mais pobre, pois retira os nutrientes e minerais do solo.

O percolado vai ter em sua composição o chorume, líquido escuro de odor desagradável proveniente do processo de degradação da matéria orgânica, com uma alta

carga de poluentes tóxicos, como mercúrio, chumbo e outros metais pesados, componentes orgânicos, inorgânicos, sólidos suspensos e patógenos. Sua composição pode variar, dependendo das condições ambientais e dos tipos de rejeitos (SERAFIN et al. 2003). O chorume vai ser transportado pela água da chuva, vindo a contaminar os mananciais subterrâneos e superficiais. A contaminação dos mananciais superficiais pode inviabilizar o uso de poços freáticos nas áreas de influência dos lixões ou aterros, devido às altas concentrações de matéria orgânica, amônia e sais. Isso se deve à sua incapacidade de autodepuração, sendo a atenuação da contaminação somente pela diluição (PASCHOALATO, 2000).

5



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

A disposição dos resíduos sólidos em lixões e aterros, sem tratamento também contribui para o aumento da concentração e da emissão dos gases de maior impacto do efeito estufa, o metano (CH_4) e o dióxido de carbono (CO_2) (LIMA, 2009). A matéria orgânica representa 50% dos resíduos sólidos urbanos descartados, no seu processo de degradação realizado pelas bactérias aeróbicas e anaeróbicas, o resíduo é transformado em gases, principalmente CH_4 e CO_2 .

O CH_4 e o CO_2 são gases que naturalmente ocorrem no ambiente. Porém, com a intensificação das atividades antrópicas, suas concentrações na atmosfera aumentaram consideravelmente ao longo dos 250 anos (IPCC, 2007).

A disposição dos resíduos sólidos em vazadouros (lixões) também influi na qualidade do ar, com a emissão de particulados e outros poluentes atmosféricos decorrente da combustão dos rejeitos ao ar livre e da fumaça liberada nesses locais. Em regiões mais secas ou em períodos de seca, a visibilidade é reduzida e a poeira levantada, carregando microrganismos transmissores de infecções respiratórias e irritação nasal e ocular (GOVEIA, 2012).

É importante ressaltar que não são os resíduos que causam impacto negativo no ambiente, mas a sua disposição inadequada e a falta de tratamento. Como alguns materiais demoram muito tempo para se decompor, podem sofrer alterações e liberar ainda mais substâncias no ambiente.

Ainda, os impactos dessa degradação estendem-se para áreas adjacentes aos locais de disposição, afetando outras regiões.

4. GESTÃO DOS RESÍDUOS SÓLIDOS URBANOS E MEDIDAS PREVENTIVAS

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos veio para mudar a perspectiva do poder público, empresas e da sociedade, quanto a visão do que descartamos. O que era visto como “lixo”, passa a ser visto com recurso, algo que pode ser agregado valor, retornando

ao ciclo produtivo.

A partir da proposta de implementação da PNRS a gestão e o gerenciamento dos resíduos passou a ser responsabilidade de todos. Por meio da responsabilidade compartilhada, o poder público, classe empresarial e sociedade em geral precisam trabalhar conjuntamente em ações a serem exercidas, direta ou indiretamente, nas etapas

6



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

de coleta, transporte, transbordo, tratamento e destinação final ambientalmente adequada dos rejeitos.

Num cenário onde o gasto com serviços de limpeza urbana é de apenas R\$10,37/hab/mês, com cobertura de coleta muito baixa, estando presente somente em 1.254 municípios (ABRELPE, 2017; MMA, 2019), vemos que são necessários mais investimentos, planejamento e gestão de recursos para que seja possível avançarmos.

A coleta seletiva é premissa básica para gestão eficiente dos resíduos. Os materiais são coletados na fonte de geração, separados e encaminhados para reciclagem, compostagem, reuso e outras destinações. Uma ação conjunta que, para dar certo, exige a colaboração em todas as esferas.

A Política Nacional dos Resíduos Sólidos, desde a sua aprovação em 2010 vêm em busca de soluções para não geração, reutilização, reciclagem e logística reversa. Embora observe a cadeia do resíduo de uma maneira nunca antes vista, ainda não conseguiu êxito na implementação das suas medidas, levantando muitos questionamentos e desencadeando uma série de discursões em relação aos gargalos que persistem em relação à melhor forma de gerenciamento de resíduos sólidos urbanos e principalmente em como eliminar da nossa cultura a forma indiscriminada com a qual se trata de resíduos (GODOY, 2013).

A maior parcela dos resíduos sólidos urbanos gerados é orgânica (50%), e desses resíduos reciclamos apenas 3%, o restante é encaminhado para lixões, aterros sanitários ou controlado. Mesmo que o aterro sanitário seja o mais indicado para a disposição ambientalmente adequada dos resíduos, os orgânicos ocupam a maior parcela de espaço nos aterros, diminuído sua vida útil.

Pensando em um contexto global os aterros só mitigam um problema futuro. O ideal é a diminuição da geração e um melhor aproveitamento dos resíduos, uma vez que no Brasil se perde bilhões de reais todo ano por deixar de reciclar todo resíduo reciclável que vai para os aterros como sendo rejeitos (IPEA, 2010).

Temos a capacidade de reciclar de 30% a 40% de tudo que produzimos, entretanto, nosso índice de reciclagem de resíduos urbanos é de apenas 13% (IPEA, 2017). O

aumento desse índice diminuiria a produção de novos produtos com matéria-prima virgem, atenuaria a poluição gerada pelo descarte inadequado e aumentaria a vida útil dos aterros, sendo destinado para esses locais somente os rejeitos que não têm mais possibilidade de reaproveitamento.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABRELPE - Associação brasileira de empresas de limpeza pública e resíduos especiais. (2017). Panorama resíduos sólidos no Brasil, São Paulo.

BRASIL. (1981). Lei 6.981, de 31 de agosto 1981. Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal.

BRASIL. (1986). Ministério do Meio Ambiente, Conselho Nacional do Meio Ambiente, CONAMA. Resolução CONAMA N° 001, de 23 de janeiro de 1986. In. Resoluções.

BRASIL. (1998). Lei 9.605/98, de 12 de fevereiro de 1998. Dispõe sobre as sanções penais e administrativas derivadas de condutas e atividades lesivas ao meio ambiente, e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal.

BRASIL. (2010). Lei 12.305/10, de 02 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos; altera a Lei no 9.605, de 12 de fevereiro de 1998; e dá outras providências. Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil. Brasília: Senado Federal.

DINIZ, A.; FRAGA, H. (2005). Poluição dos solos riscos e consequência. Revista da Faculdade de Ciência e Tecnologia, 2: 97-106.

FARIA, M. A. (2005). Caracterização do resíduo sólido urbano da cidade de Leopoldina-MG: proposta de implantação de um centro de triagem. Revista APS, 8 (2): 96-108.

FOSTER, A.; ROBERTO, S. S.; IGARI, A. T. (2016). Economia circular e resíduos sólidos: uma revisão sistemática sobre a eficiência ambiental e econômica. In: Encontro internacional sobre gestão empresarial e meio ambiente, São Paulo.

GUEDES, N. S. de.; JUNIOR, G. B. A. de. (2015). Geração de resíduos sólidos urbanos em municípios do nordeste brasileiro: Série Histórica In: VI Congresso Brasileiro de Gestão Ambiental, v. 5.



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

GOVEIA, N. (2012). Resíduos sólidos urbanos: impactos socioambientais e perspectiva de manejo sustentável com inclusão social. Revista Ciência & Saúde coletiva, 17 (6): 1503-1510.

GUERRA, K. S. da.; SANDER, A. (2019). Os reflexos da vigência política nacional de resíduos sólidos na cidade de Porto Alegre. Revista Metodista de Administração do Sul, 4 (5): 411-437.

IPCC - Intergovernmental Panel on Climate Change. (2007). Fourth Assessment Report: Climate Change Direct Global Warming.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2010). Pagamento por Serviços Ambientais Urbanos para Gestão de Resíduos Sólidos.

IPEA – Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. (2017). A organização coletiva de catadores de material reciclável no Brasil: dilemas e potencialidades sob a ótica da economia solidária. Ministério do Planejamento, Desenvolvimento e Gestão.

LIMA, D. G. G. de. (2009). A gestão dos resíduos sólidos urbanos e sua relação com as mudanças Climáticas In: Encontro Nacional e III Encontro Latino Americano sobre edificações e comunidades sustentáveis.

LOPES, W.S.; LEITE, W. D.; PRASAD, S. (2006). Avaliação dos impactos ambientais causados por lixões: um estudo de caso In: Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1-7p.

MMA- Ministério do Meio Ambiente. (2019). Agenda Nacional de Qualidade Ambiental Urbana- Programa Lixo Zero, Brasília.

MOTA, J. C.; ALMEIDA, M. M. A.; ALENCAR, V. C.; CURI, W. F. (2009). Características e impactos ambientais causados pelos resíduos sólidos: uma visão conceitual. Congresso Internacional de Meio Ambiente Subterrâneo, I. Anais..., 1-15 p.

PASCHOALATO, C. F. P. R. (2000). Caracterização dos líquidos percolados gerados por disposição de lixo urbano em diferentes sistemas de aterramento. Dissertação (Mestrado em Engenharia), USP, São Carlos, 110 f.

PINTANGUY, A.; SEGALA, K. (2014). Planos de resíduos sólidos - Desafios e Oportunidades no Contexto da Política Nacional de Resíduos Sólidos. Instituto Brasileiro de Administração Municipal – IBAM, Rio de Janeiro.



Capítulo 1 · Impactos Ambientais da Disposição dos Resíduos Sólidos Urbanos

RIBEIRO, B.M.G.; MENDES, C. A. B. (2018). Avaliação de parâmetros na estimativa da geração de resíduos sólidos urbanos. Revista Brasileira de Planejamento e Desenvolvimento, 7 (3): 422 -443.

SA et al. (2012). Tratamento do lixiviado de aterro sanitário usando destilador solar. Revista. Ambiente. Água, 7 (1): 204-217.

SERAFIM et al. (2003) Chorume, impactos ambientais e possibilidades de tratamento In: III Fórum de Estudos Contábeis. Rio Claro: Centro Superior de Educação Tecnológica, 6-7p.

SILVA et al. (2015). Impactos ambientais referentes à não coleta de lixo e reciclagem. Revista Ciências Exatas e Tecnológicas, 2 (3): 63-76.

SIQUEIRA, M. M.; MORAES, M, S. (2009). Saúde coletiva, resíduos sólidos urbanos e os catadores de lixo. Revista Ciência & Saúde Coletiva, 14 (6): 215-2122.

SOUZA, M. N. (2004). Degradação e recuperação ambiental e desenvolvimento sustentável. Tese (Doutorado em Ciência florestal) - Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 371f.



Capítulo 2

Dariane Priscila Franco de Oliveira; Tamiris Cristina Oliveira de Andrade; Fernando Broetto.

Oliveira, D. P. F., Andrade, T. C. O., Broetto, F. 2019. Água Residuária: Usos e Legislação In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil. pp. 11-19.

1. INTRODUÇÃO

A água é um bem de consumo e um elementar recurso natural que embora abundante em quantidade em determinadas regiões do planeta, vem paulatinamente perdendo a qualidade em função da poluição de corpos hídricos e do meio ambiente, gerando desequilíbrios no regime hídrico. Estima-se que demanda global de água continuará aumentando até 2050, representando um acréscimo de 20 a 30% do nível atual de uso da água (BUREK et al. 2016).

Grandes centros urbanos requerem uma maior demanda hídrica de qualidade para consumo humano, fato que agrava a escassez de água e a torna recorrente nestas

localidades. A bacia do Alto do Tietê, por exemplo, que abastece mais de 19 milhões de habitantes (SIGRH, 2019) e um dos mais representativos complexos industriais do mundo, dispõe, uma vez que é caracterizado como manancial de cabeceira, vazões insuficientes para atender toda demanda da região metropolitana de São Paulo e municípios adjacentes (HESPANHOL, 2002). Em outras regiões como no nordeste brasileiro, a baixa precipitação, a irregularidade do seu regime, altas temperaturas durante todo ano, dentre diversos fatores, contribuem com os baixos índices de disponibilidade hídrica (ANA, 2018).

As melhorias na qualidade de vida e o desenvolvimento econômico junto ao crescimento da população não só aumentou a demanda hídrica, como promoveu o aumento do volume de efluentes domésticos gerados pelas estações de tratamento (QADIR et al. 2010). Diante do aumento da produção de efluentes e da escassez de água potável, diversos atores sociais como órgãos públicos, privados e a comunidade científica têm buscado formas de disponibilizar recursos hídricos alternativos a fim de atender a demanda atual.

11



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

Passou-se então a considerar o potencial de reúso desses efluentes, que são fonte de água constante e possibilitam reduzir a quantidade de água retirada de mananciais e a contaminação de corpos d'água pela deposição de esgotos (ANDRADE FILHO et al. 2013).

Todavia, tais efluentes contêm patógenos e compostos orgânicos sintéticos prejudiciais à saúde humana. Os sistemas de tratamento que possibilitariam o consumo humano destes efluentes seria economicamente custoso para abastecimento público (HESPANHOL, 2002). Neste contexto, o reúso da água trata-se de uma importante ferramenta para a conservação e planejamento de recursos hídricos (MORELLI, 2005).

A utilização desta água, principalmente no que diz respeito à água para irrigação, que representa cerca de 70% da demanda global total (BUREK et al. 2016), surge como um instrumento capaz de restaurar o equilíbrio entre oferta e demanda hídrica de diversos locais (HESPANHOL, 2002; NASCIMENTO; FIDELES FILHO, 2015). Isso porque os requisitos necessários ao tratamento desta água para reúso em irrigação e outros fins menos nobres são menores devido ao menor potencial de contato humano (TOZE, 2006).

2. DEFINIÇÕES

O crescente uso desregrado das águas através de ações predatórias do homem justifica o reúso de água, em diversas modalidades (DANTAS; SALES, 2009). Desta

forma, em 1992, a Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental (ABES) admitiu uma classificação de reúso de água em duas grandes categorias:

2.1 Reúso potável

Reúso potável é uma técnica em constante desenvolvimento e com crescente importância. Os projetos de reúso potável planejado são geralmente divididos em duas categorias: reúso potável indireto (RPI) e reúso potável direto (RPD), sendo que o RPI é mais frequente do que o RPD (ABES, 2015):

- **Reúso Potável Direto (RPD):** trata-se do esgoto recuperado, por meio de tratamento avançado. É encaminhado diretamente no sistema de água potável onde será reutilizado.
- **Reúso Potável Indireto (RPI):** caso em que o esgoto, após o tratamento, é disposto na coleção de águas superficiais ou subterrâneas para ser diluído,

12



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

purificado naturalmente, e posteriormente captado, tratado e finalmente utilizado como água potável.

O RPI se subdivide em:

• *Reúso Potável Indireto Planejado (RPIP)*, onde os efluentes, após seu tratamento, são descarregados de forma planejada nos corpos hídricos superficiais ou subterrâneos, para serem utilizadas a jusante, de maneira controlada, no atendimento de algum uso benéfico (CETESB, 2019);

• *Reúso Potável Indireto Não Planejado (RPINP)* trata-se de quando a água, decorrente de atividades antrópicas é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de modo não intencional e não controlado (CETESB, 2019). O RPINP é praticado extensivamente no Brasil, como os lançamentos de esgotos (tratados ou não) e a coleta à jusante para tratamento e abastecimento público, praticado por muitas cidades, como ao longo do Rio Tietê e do Rio Paraíba do Sul (HESPANHOL, 2015).

2.2 Reúso Não Potável

O reúso não potável apresenta diversas possibilidades de uso. Por não exigir níveis elevados de tratamento, vem se tornando um processo viável economicamente e, conseqüentemente, com rápido desenvolvimento. Em função da diversidade de uso, pode ser classificado em:

•Reúso não potável para fins agrícolas: embora quando se pratica essa modalidade de reúso haja como subproduto a recarga do lençol subterrâneo, seu objetivo é a irrigação de plantas alimentícias, tais como árvores frutíferas, cereais, etc., e plantas não alimentícias, tais como pastagens e forrações, além de ser aplicável para dessedentação de animais.

•Reúso não potável para fins industriais: abrange os usos industriais de refrigeração, águas de processo, para utilização em caldeiras etc.

•Reúso não potável para fins recreacionais: classificação reservada à irrigação de plantas ornamentais, campos de esportes, parques, enchimento de lagos ornamentais etc.

•Reúso não potável para fins domésticos: são considerados aqui os casos de reúso de água para a rega de jardins, descargas sanitárias e utilização desse tipo de água em grandes edifícios.

13



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

•Reúso para manutenção de vazões: a manutenção de vazões de cursos de água promove a utilização planejada de efluentes tratados, visando uma adequada diluição de eventuais cargas poluidoras a eles carreadas, incluindo-se fontes difusas, além de propiciar uma vazão mínima na estiagem.

•Aquicultura: consiste na produção de peixes e plantas aquáticas visando a obtenção de alimentos e/ou energia, utilizando os nutrientes presentes nos efluentes tratados.

•Recarga de aquíferos subterrâneos: é a recarga dos aquíferos subterrâneos com efluentes tratados, podendo se dar de forma direta, pela injeção sob pressão, ou de forma indireta, utilizando-se águas superficiais que tenham recebido descargas de efluentes tratados a montante.

Considerando que o tratamento dos esgotos sanitários é realidade em muitos municípios brasileiros, é possível, em função da qualidade requerida, ampliar a adoção de técnicas de reúso como alternativa para finalidades não potáveis (MORUZZI, 2008). Os esgotos tratados têm um papel fundamental como substituto para o uso de águas destinadas a fins agrícolas, florestais, industriais, urbanos e ambientais (CUNHA et al. 2011).

Diversas técnicas são utilizadas para se alcançar uma qualidade mínima exigida para determinados fins de reúso. Dentre elas, estão as de ordem física, como peneiramento, sedimentação e flotação; os processos biológicos, nos quais a remoção de resíduos ocorre por meio de reações bioquímicas, realizadas por microrganismos; e os processos físico-químicos, como coagulação, floculação, decantação, filtração, adsorção

por carvão, calagem e osmose reversa (ALMEIDA, 2011). No Brasil, em algumas localidades, ocorre reúso não potável planejado em postos de combustível e empresas de transporte que coletam e tratam água que foi usada no próprio estabelecimento para lavagem de carros, prédios e shoppings. Não obstante, as normas e critérios de qualidade da água variam dependendo do tipo de reúso e, geralmente, dependendo do país e até dos estados. (ABES, 2015).

3. POLÍTICAS PÚBLICAS

Paulatinamente, o Brasil vem dando passos no sentido de estabelecer políticas públicas para conservação e uso da água. Um importante marco no cenário brasileiro para o gerenciamento dos recursos hídricos foi a criação da Lei Federal 9.433, de 8 de janeiro

14



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

de 1997, conhecida como “Lei das águas” que institui a Política Nacional de Recursos Hídricos e cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos (SINGREH). Em seu artigo 1º, discorre sobre os principais fundamentos da Política Nacional, trazendo a compreensão de que a água é um bem público e recurso natural limitado, dotado de valor econômico, mas que deve ser priorizado o consumo humano e animal, prioritariamente em situações de escassez.

O SINGREH é responsável por administrar os usos da água de forma democrática e participativa e é composto pelo Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH), pela Secretaria de Recursos Hídricos e Qualidade Ambiental (SRQA), pela Agência Nacional de Águas (ANA), pelos Conselhos Estaduais de Recursos Hídricos (CERH), pelos Órgãos gestores de recursos hídricos estaduais (Entidades Estaduais), pelos Comitês de Bacia Hidrográfica e pelas Agências de Água (ANA, 2019).

Em 28 de novembro de 2005, com base na “Lei das águas”, o Conselho Nacional de Recursos Hídricos (CNRH) estabeleceu a resolução nº54 com modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água. Esta resolução considera o reúso de água, reduz os custos associados à poluição e contribui para a proteção do meio ambiente e da saúde pública. Adota as seguintes definições no artigo 2º:

I - Água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;

II - Reúso de água: utilização de água residuária;

III - Água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;

IV - Reúso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;

V - Produtor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;

VI - Distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e

VII - Usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

15



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

No artigo 3º a resolução define o reúso direto não potável de água em cinco modalidades: fins urbanos, agrícolas e florestais, ambientais, industriais e aquicultura. A Resolução nº 121 de 16 de dezembro de 2010, complementa a nº 54 que estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, ressaltando que projetos de aplicação da água de reúso será condicionada a critérios e procedimentos estabelecidos pelo órgão ou entidade competente, e que esta aplicação não pode causar danos ao meio ambiente e à saúde pública.

Existem ainda leis e resoluções estaduais e municipais como a Resolução conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de junho de 2017, do governo do Estado de São Paulo que regulamenta o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e estabelece padrões de qualidade da água exigidos para cada categoria desejada (construção civil, irrigação paisagística, combate a incêndios, etc.).

No tocante à água de reúso, o país ainda carece de normas técnicas para regulamentar os tipos de reúso existentes e de parâmetros de análise para garantir a qualidade da água para cada finalidade. Muitas empresas, quando aderem a sistemas de reúso de água realizam o projeto e estabelecem critérios empiricamente em função da ausência de tais normas.

É iminente a necessidade de criação de um conjunto legal específico com o propósito de que esta solução não se transforme em outro problema, propagando doenças em detrimento da saúde humana. Além disso, é fundamental que haja maior articulação política e troca de experiências entre entidades governamentais, com o intuito de implementar políticas públicas integradas e complementares à Política Nacional, em busca de possibilidades que racionalizem o uso da água (ALMEIDA, 2011).

4. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O reúso da água é um conceito antigo e já aplicado em diversos países, com relatos desta prática na Grécia Antiga, evidenciando a disposição de esgotos e sua utilização na irrigação (CETESB, 2019). Atualmente, a aplicação deste conceito é uma necessidade, pois a demanda tende a aumentar nos próximos anos. No Brasil, o reúso da água tem sido investigado e aplicado em pequena escala em diversos setores rurais e urbanos.

16



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

O país demonstra capacidade de ampliar o reúso nas mais diversas atividades previstas na legislação, porém, a escassez de informação à população e de políticas públicas específicas a esta temática dificulta e atrasa o desenvolvimento das práticas de água de reúso. Para ampliar o reúso da água é fundamental informar e conscientizar a população sobre suas possibilidades e benefícios, estabelecer políticas públicas de apoio e incentivo às empresas e criar um conjunto criterioso de normas técnicas legais para o reúso de água em suas mais diversas aplicabilidades.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANA - Agência Nacional das Águas. (2019). O que é SINGREH? Disponível em <<http://www3.ana.gov.br/portal/ANA/gestao-da-agua/sistema-de-gerenciamento-de-recursos-hidricos/o-que-e-o-singreh>>. Acesso em 16 de abril de 2019.
- ANA - Agência Nacional de Águas. (2018). Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil, Brasília, DF.
- ALMEIDA, R. G. (2011). Aspectos legais para a água de reúso. *Vértices*, 13 (2): 31-43.
- ANDRADE FILHO, J. et al. (2013). Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. *Irriga*, 18 (4): 661-674.
- ABES - Associação Brasileira De Engenharia Sanitária e Ambiental. (1992). Reúso da Água. *Revista DAE, SABESP*, 167: 24-32.
- ABES - Associação Brasileira De Engenharia Sanitária e Ambiental. (2015). Reúso de água nas crises hídricas e oportunidades no Brasil. 43 p. Disponível em: <http://abesdn.org.br/pdf/Reuso_nas_Crises.pdf>. Acesso em: 16 abr. 2019.
- BRASIL. (1997). Lei n. 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos, cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos Hídricos, regulamenta o inciso XIX do art. 21 da Constituição Federal, e altera o art. 1º da Lei nº 8.001, de 13 de março de 1990, que modificou a Lei nº 7.990, de

BRASIL. (2006). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 54, de 28 de novembro de 2005. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direto não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, DF.



BRASIL. (2011). Ministério do Meio Ambiente. Conselho Nacional do Meio Ambiente. Resolução n. 121, de 16 de dezembro de 2010. Estabelece diretrizes e critérios para a prática de reúso direto não potável de água na modalidade agrícola e florestal, definida na Resolução CNRH no 54, de 28 de novembro de 2005. Diário Oficial da União, Brasília, DF.

BUREK, P.; SATOH, Y.; FISCHER, G.; KAHIL, M. T.; SCHERZER, A.; TRAMBEREND, S.; ... WIBERG, D. (2016). Water Futures and Solution: Fast Track Initiative (Final Report). IIASA Working Paper. Laxenburg, Austria, International Institute for Applied Systems Analysis (IIASA). pure.iiasa.ac.at/13008/.

CETESB - Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. (2019). Reúso da Água. São Paulo, SP. Disponível em: <<https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/informacoes-basicas/tpos-de-agua/reuso-de-agua>>. Acesso em 16 de abril de 2019.

CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H. de; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M.; SILVA, S. M. da C. e. (2011). O reúso de água no Brasil: a importância da reutilização de água no país. Enciclopédia Biosfera, 7 (13): 1225-1248.

DANTAS, D. L.; SALES, A. W. C. (2009). Aspectos ambientais, sociais e jurídicos do reúso da água. Revista de Gestão Social e Ambiental, 3 (3): 4-19.

HESPANHOL, I. (2002). Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. Revista Brasileira de Recursos Hídricos, 7 (4): 75-95.

HESPANHOL, I. (2015). Reúso potável direto e o desafio dos poluentes emergentes. Revista USP, 106: 79-94.

MORELLI, E. B. (2005). Reúso de água na lavagem de veículos. Dissertação (Mestrado em Engenharia). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo, 92f.

MORUZZI, R.B. (2008). Reúso de água no contexto da gestão de recursos hídricos: impacto, tecnologias e desafios. OLAM – Ciência & Tecnologia, Rio Claro, SP, Brasil – Ano VIII, 8 (3): 271.

NASCIMENTO, J. S.; FIDELES FILHO, J. (2015). Crescimento, produção e alterações químicas do solo em algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados. Revista Caatinga, 28 (2): 36-45.

18



Capítulo 2 · Água Residuária: Usos e Legislação

- QADIR, M. et al. (2010). The challenges of wastewater irrigation in developing countries. *Agricultural Water Management*, 97 (4): 561-568.
- SIGRH - Sistema Integrado de Gerenciamento de Recursos Hídricos. (2019). Disponível em: <<http://www.sigrh.sp.gov.br/cbhat/apresentacao>>. Acesso em 16 de abril de 2019.
- SÃO PAULO (Estado). (2017). Resolução conjunta SES/SMA/SSRH nº 01 de 28 de junho de 2017. Disciplina o reúso direto não potável de água, para fins urbanos, proveniente de Estações de Tratamento de Esgoto Sanitário e dá providências correlatas. *Oficial do Estado, São Paulo*, p. 41-42, Seção 1.
- TOZE, S. (2006). Reuse of effluent water - benefits and risks. *Agricultural water management*, 80 (1): 147-159.



Tamiris Cristina Oliveira de Andrade; Dariane Priscila Franco de Oliveira; Fernando Broetto

Andrade, T. C. O., Oliveira, D. P. F., Broetto, F. 2019. Os Efeitos dos Impactos Ambientais no Cenário Empresarial Brasileiro In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil. pp. 20-24.

1. INTRODUÇÃO

O desenvolvimento econômico tem se apoiado na utilização desenfreada dos recursos não renováveis, na devastação da biodiversidade e na emissão dos gases que

contribuem para o efeito estufa (MARTINE, 2015).

Ao passo em que ocorre o crescimento populacional do mundo em que vivemos, acontece também uma grande pressão sobre os recursos naturais do planeta. Nenhum país está disposto a suspender o seu trajeto rumo ao consumismo, apesar de estarmos 50% acima da capacidade regeneradora do nosso planeta (MARTINE, 2015).

No âmbito empresarial do Brasil, os princípios da sustentabilidade tiveram grande impacto com o surgimento do conceito de responsabilidade social (SOUZA, 2016), que muitas vezes vêm influenciando ou até obrigando as empresas a se adequarem às transformações dinâmicas de mercado e aos padrões competitivos e de concorrência com relação aos cuidados com o meio ambiente (KRAEMER, 2005).

2. O EFEITO

As crises ecológicas, sociais e econômicas da atualidade têm exigido uma reflexão sobre os limites que estão sendo impostos pela natureza (MARTINE, 2015). Frente a isso, as questões ambientais têm se tornado cada vez mais importantes, principalmente no setor industrial e comercial, sendo este um fator que atinge expressivamente as vidas das empresas (NAHUS, 1995).

Questões como esta, tem ganhado espaço de acordo com o aumento da conscientização da cadeia consumidora, com o interesse na forma de produção dos



20

produtos e serviços, na utilização e descarte desses últimos e de que maneira essa produção pode afetar negativamente o meio ambiente, apesar da principal finalidade da empresa ser, muitas vezes, meramente seu lucro (OLIVEIRA, 2010).

Mediante ao poder do consumidor e a utilização dos meios de comunicação, a responsabilidade social empresarial deixa de ser exclusivamente um contexto de marketing, e passa a ser um compromisso perante a sociedade (SOUZA, 2016).

Segundo Oliveira (2010) alguns fatores regulatórios causam coações nas empresas para a adoção do gerenciamento ambiental, sendo eles “fatores sociais (exigências dos consumidores e ações de entidades não-governamentais) e fatores econômicos e políticos (imposição de restrições e multas e novas legislações) [...]”. Além dessas pressões regulatórias, outras pressões podem ser estabelecidas para as empresas por meio de acionistas, investidores, empregados, fornecedores, consumidores, concorrentes, órgãos governamentais de controle ambiental, entre outros, que cada vez mais estão atentos ao relacionamento entre as empresas e o meio ambiente (ALBERTON, 2007).

Com o surgimento das incontáveis organizações correspondentes à normatização e padronização, a apresentação de certificados de conformidade ambiental deu para as empresas vantagens competitivas no mercado (SOUZA, 2016). Com a necessidade de se

distinguir produtos e processos que apresentassem pouco ou nenhum impacto negativo para o meio ambiente foram surgindo rótulos ecológicos ou “selos verdes” dos mais variados tipos e níveis de abrangências (NAHUS, 1995). As empresas passaram a se preparar para atender uma classe de consumidores conscientes, fazendo com que as certificações e selos verdes, se tornassem um diferencial em um mercado competitivo (RIBEIRO, 2014).

Muitas restrições impostas pelo comércio internacional, estão relacionadas ao marketing ecológico. As indústrias dos países mais avançados têm usado selo ecológico nos seus produtos como tática comercial, com intuito de reter as tendências ecológicas de acordo com esse mercado consumidor. Selos como esses, procuram medir o nível de controle ambiental dos produtos, de acordo com o processo de produção adotado (MOTTA, 1997).

A área privada, em particular o setor industrial, tem se desenvolvido em relação ao tratamento das questões ambientais, sendo estas, vistas atualmente como uma chance para a evolução da competitividade com base numa adequada gestão.

Visto isso, há o aumento da quantidade de empresas que buscam por um Sistema de Gestão Ambiental (SGA) que seja capaz de ser aplicado no controle das ações sobre o



21

ambiente. Dessa forma, a introdução de um SGA, exclusivamente o SGA conforme a NBR ISO 14001, conhecida internacionalmente, estabelece continuamente a reavaliação de todo processo produtivo, ponderando tentativas de mecanismos e padrões de conduta que sejam menos agressivos ao meio ambiente (CAMPOS, 2008).

Segundo Alberton (2007) a norma ISO 14001, que aborda os critérios para o SGA, auxilia as empresas na orientação para a introdução da variável ambiental no domínio do sistema de gestão do negócio, por meio de políticas, definições estratégicas, formação de metas e objetivos e nas práticas operacionais da empresa.

A ISO 14001 tem sido a ferramenta mais usada para o desenvolvimento da gestão ambiental no meio empresarial industrial. O reconhecimento da norma no Brasil vem crescendo significativamente nos últimos tempos, sinalizando o amadurecimento das empresas em relação às questões ambientais, no caminho de um gerenciamento sustentável (OLIVEIRA, 2010).

No que se relaciona a questão do aquecimento global, a qualidade do ar é um aspecto que afeta diretamente o meio industrial. Os Protocolos de Montreal e Kyoto, tratados internacionais de defesa do meio ambiente e da vida, intervêm sobre o controle dos gases que contribuem para o aumento do efeito estufa, decorrentes das atividades industriais e do uso da terra (SILVA, 2009). A emissão desses gases tem se tornado motivo de acordos internacionais, obrigando países a cumprirem seus preceitos, sujeitos

a punições comerciais caso não os efetivem, dado exemplo o Protocolo de Montreal em que o Brasil é signatário (MOTTA, 1997). Mesmo com a desaceleração das atividades econômicas, o desenvolvimento veloz do setor produtivo estabelece um uso intenso da matéria prima fóssil para a geração de energia e dos insumos para as indústrias, assim, esses tratados traduzem o *feedback* internacional sobre os efeitos e consequências dos modelos que foram adotados ao longo do tempo para o desenvolvimento industrial (SILVA, 2009).

Muitas restrições têm surgido, obrigando as empresas a reverem seus processos de acordo com as exigências e cumprimento das normativas ambientais. Isso implica em maiores investimentos, dado exemplo da implantação da outorga de direito de uso de recursos hídricos, sendo sujeito à cobrança por água, todo ou qualquer indivíduo que fizer a captação de uma determinada quantidade de água existente em um manancial para consumo final, incluindo abastecimento público ou insumo do processo produtivo (BRASIL, 1997).



Ainda surgiram através do sistema jurídico brasileiro alguns princípios como o “poluidor pagador”, que adotou por meio da Lei n. 6.938/81, a teoria do risco integral, na qual o causador do dano responderá independentemente de culpa, bastando à prova do nexo de causalidade (SOUZA, 2016).

Com o desenvolvimento das legislações ambientais, com as imposições mercadológicas e outras restrições no domínio ambiental, os custos para controle, preservação e recuperação ambiental também passaram a ter importância para as empresas ao passo em que o assunto ganha maiores atenções (ROSSATO, 2009).

Embora existam pressões internacionais sobre o Brasil, impondo restrições ambientais, tanto de caráter político quanto comercial, o país ainda é detentor de uma boa biodiversidade, o que faz gerar expressivas externalidades favoráveis com relação ao resto dos países, sendo considerado um credor ambiental (MOTTA, 1997).

Apesar disso, ainda é imposto sobre o país a busca por um modelo econômico, do qual a utilização dos recursos naturais se realize de uma maneira mais sustentável, satisfazendo as necessidades da geração atual sem prejudicar a disponibilidade dos recursos para satisfazer as necessidades da geração futura (SOUZA, 2016).

3. CONSIDERAÇÕES FINAIS

O efeito dos impactos ambientais no atual cenário empresarial brasileiro impõe sobre as entidades o dever de mudanças constantes de acordo com método de atuar e

gerenciar seu negócio, de modo a se adaptarem a atual realidade e permanecerem competitivas no mercado.

A compreensão das empresas diante dos aspectos ecológicos tem fomentado o avanço para novas oportunidades de negócios, dando maior possibilidade da inserção do conjunto empresarial brasileiro no comércio internacional.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALBERTON, A.; COSTA JR, A. C. N. (2007). Meio ambiente e desempenho econômico financeiro: benefícios dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGAs) e o impacto da ISO 14001 nas empresas brasileiras. RAC-Eletrônica, 1 (2): 153-171.

BRASIL. (1997). Lei nº 9.433, de 8 de janeiro de 1997. Institui a Política Nacional de Recursos Hídricos cria o Sistema Nacional de Gerenciamento de Recursos

Capítulo 3 · Os Efeitos dos Impactos Ambientais no Cenário Empresarial Brasileiro



23

Hídricos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil. Brasília, 1997. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/LEIS/L9433.htm>. Acesso em: 07 de abr. 2019.

CAMPOS, S. L. M.; DE MELO, A. D. (2008). Indicadores de desempenho dos Sistemas de Gestão Ambiental (SGA): uma pesquisa teórica. Production, 18 (3): 540-555.

MARTINE, G.; ALVES, D. E. (2015). Economia, sociedade e meio ambiente no século 21: tripé ou trilema da sustentabilidade?. Revista Brasileira de Estudos de População, 32 (3): 433-460.

MOTTA, S. R. (1997). Desafios ambientais da economia brasileira. NAHUZ, R. A. M. (1995). O sistema ISO 14000 e a certificação ambiental. Revista de Administração de Empresas, 35 (6): 55-66.

OLIVEIRA, O. J.; SERRAB, R. J. (2010). Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. Revista Produção, 20: 429-438.

RIBEIRO, M. C. H.; CORRÊA, R.; DE SOUZA, S. T. M. (2014). Marketing verde: uma análise bibliométrica e sociométrica dos últimos 20 anos. Revista Gestão & Sustentabilidade Ambiental, 3 (2): 87-112.

ROSSATO, V. M.; DE LIMA TRINDADE, L.; BRONDANI, G. (2009). Custos ambientais: um enfoque para a sua identificação, reconhecimento e evidenciação. Revista Universo Contábil, 5 (1): 72-87.

SILVA, H. D. (2009). Protocolos de Montreal e Kyoto: pontos em comum e diferenças fundamentais. Revista brasileira de política internacional, 52: 2.



Capítulo 4

Marcelo Freire Mendonça; Maurício Lamano Ferreira

Mendonça, M. F., Ferreira, M. L. 2019. O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil. pp. 25-57.

1. INTRODUÇÃO

A população do Brasil possui atualmente mais de 84% de pessoas vivendo em áreas urbanas (PNAD, 2015), sendo que a região sudeste comporta aproximadamente 93% da população vivendo nas cidades (IBGE, 2019). Este contexto demográfico é acompanhado de um desenvolvimento desordenado das áreas urbanas e tem comprometido a qualidade de vida, tanto física como mental de seus habitantes (PINHEIRO; SOUZA, 2017), aumentando a distância entre homem e natureza em detrimento à paisagem edificada e transformada.

Parte desta ocupação desordenada se dá em torno dos reservatórios para abastecimento público, como acontece, por exemplo, com o reservatório Jaguari/Jacareí que faz parte do Sistema Cantareira, na Região Metropolitana de São Paulo (RMSP). O reservatório tem sofrido pressão no uso e ocupação no seu entorno devido a duplicação da rodovia federal Fernão Dias, que liga a região de Bragança Paulista à RMSP (OLIVEIRA; GOMES; SANCHES; SAAD, 2008), induzindo o parcelamento do solo de

forma intensiva em torno de todo o reservatório.

A ocupação indiscriminada do solo aliada a má gestão e ao crescimento da população, junto com a expansão industrial em volta de rios, lagos e reservatórios, têm provocado a perda da qualidade da água nas últimas décadas (MENEZES, 2016), originando cenários precários de ocupação urbana e causando degradação nos ecossistemas (LUCAS, 2016).

Essa ocupação do solo junto dos recursos hídricos cresceu concomitante ao aumento descontrolado da população humana, sendo que essa urbanização pode



modificar os processos hidrológicos e sedimentológicos, causando instabilidade no ciclo hidrológico tanto local quando regional (CABRAL, 2015).

Assim, entende-se que essa forma de ocupar o espaço leva ao comprometimento dos serviços ecossistêmicos hídricos que deixam de ser totalmente prestados, principalmente em áreas ocupadas no entorno direto dos reservatórios, ou então em regiões das margens dos corpos d'água que também são zonas de ecótono entre os ecossistemas terrestres e aquáticos (TAMBOSI; VIDAL; FERRAZ; METZGER, 2015).

Diante disto, torna-se necessário entender e discutir políticas públicas voltadas para as questões de uso e ocupação do solo em áreas urbanizadas próximas de sistemas produtores de água, bem como a prestação de serviços ambientais.

2. A RELAÇÃO ENTRE URBANIZAÇÃO E O SISTEMA HÍDRICO DE ABASTECIMENTO

O processo histórico de ocupação do solo urbano nas margens de reservatórios hídricos de abastecimento no Estado de São Paulo está historicamente associado aos conflitos socioambientais ofuscados pela necessidade do crescimento econômico.

Tanto a industrialização como a urbanização aliadas a ocupação desordenada nas margens de rios e reservatórios ocasionaram o uso e disposição inadequada dos recursos naturais, principalmente os hídricos (SARDINHA; GODOY, 2016).

As bacias hidrográficas inseridas nas áreas urbanas têm a qualidade da água comprometida. Fatores como lançamentos de efluentes industriais, esgoto domésticos, resíduos sólidos lixiviados, contribuem diretamente para a formação de enchentes, ocasionando grande degradação ambiental, alicerçado pela ocupação e crescimento desordenado das cidades (SARDINHA; GODOY, 2016).

Em muitos casos, essa ocupação desordenada junto aos reservatórios gera fator

estimulante a especulação imobiliária, principalmente quando compreende tanto a região urbana como a rural (OLIVEIRA; SANTOS; SILVA, 2017), como o caso da maioria dos reservatórios que atendem a RMSP.

Esse tipo de ocupação desordenada acarreta principalmente impactos como os relacionados a perda de cobertura vegetal, levando a processos de carreamento de partículas do solo, erosão, ocasionando assoreamento destes recursos hídricos e consequente desconfiguração da paisagem, além de comprometer o solo, a água, a



vegetação e os usos culturais e estéticos (DURÃES; MAIA FILHO; BARBOSA; FIGUEIREDO, 2017).

Assim, serviços ecossistêmicos relacionados direta e indiretamente à qualidade da água são comprometidos, uma vez que sem vegetação, além de se comprometer a função hidrológica já descrita anteriormente, compromete-se os custos para o tratamento da água de consumo humano (TAMBOSI, 2015).

A situação do comprometimento dos serviços ecossistêmicos fica mais evidente quando levamos em consideração a vegetação nas margens dos reservatórios, que aliadas as demais vegetações ripárias de cursos d'água, também equilibram o fluxo superficial e subsuperficial da água. Isso contribui para a variação do fluxo hídrico, controlando a vazão tanto em períodos de cheias como de secas em virtude dos eventos climáticos (WALTER et al. 2000; LIMA et al. 2012; TAMBOSI et al. 2015).

As áreas citadas acima se traduzem pelas Áreas de Preservação Permanente (APP), que segundo a Lei Federal 12.651 de 25 de Maio de 2012 são caracterizadas pela seguinte definição: "área protegida, coberta ou não por vegetação nativa, com a função ambiental de preservar os recursos hídricos, a paisagem, a estabilidade geológica e a biodiversidade, facilitar o fluxo gênico de fauna e flora, proteger o solo e assegurar o bem-estar das populações humanas". Estas áreas foram recentemente estabelecidas pelo novo Código Florestal, na qual Tambosi et al. (2015), advertem que estas APP's, diferente da legislação anterior, sofreram importantes alterações, reduzindo as mesmas em várias situações, comprometendo os serviços ecossistêmicos hídricos, principalmente no que tange a provisão e a qualidade da água para consumo humano.

É necessário compreender que o conhecimento do desenvolvimento do território de forma sustentável sobre as questões ambientais, seu potencial e suas limitações, sua apropriação e conservação dos recursos hídricos, se realize de forma que a participação social se torne imprescindível, pois só assim haverá o devido aceite e obediência as normas e diretrizes de uso (SARDINHA; GODOY, 2016).

No próximo item relacionamos de forma mais detalhada como funcionam os sistemas produtores de água afim de complementar as informações necessárias para sua compreensão.



3. SISTEMAS PRODUTORES DE ÁGUA – BARRAGENS E RESERVATÓRIOS

Segundo a Agência Nacional de Águas (ANA), as barragens são estruturas físicas que represam um curso de água e os reservatórios são o acúmulo de água resultante da construção dessas barragens pelo ser humano. Assim, o conjunto de componentes integrados forma um sistema produtor de água, o qual é composto por vários reservatórios que são destinados a captação, armazenamento e tratamento de água para consumo humano.

Normalmente, os reservatórios ficam localizados em regiões estratégicas e têm a função de acumular e controlar a passagem de água, podendo ter como destino final o abastecimento de grandes regiões (ANA, 2019).

Em termos de gestão, o Sistema de Acompanhamento de Reservatórios (SAR) da Agência Nacional de Águas gerencia e acompanha o fluxo de água pelos reservatórios. A partir de dados desse sistema são permitidas consultas e análises da operação de todos os reservatórios para fins de pesquisa ou intervenções. Entende-se como competência da ANA a definição de regras de operação destes reservatórios em todo o país, além do monitoramento dos fluxos de água por meio de relatórios e a geração de boletins de monitoramento.

A Região Metropolitana de São Paulo, por exemplo, é abastecida por oito sistemas produtores de água, sendo que estes sistemas atendem além da capital paulista, mais 39 municípios, totalizando uma população de mais de vinte e dois milhões de habitantes (JACOBI, 2015). Estes sistemas são o Cantareira, o Alto Tietê, o Rio Claro, o Rio Grande, o Guarapiranga, o Baixo Cotia, o Alto Cotia e a Ribeirão Estiva (ANA, 2010). O Quadro 1 apresenta maiores informações destes sistemas.



Quadro 1. Características gerais dos sistemas produtores de água na Região Metropolitana de São Paulo, SP.

Sistema	Características Principais	Mananciais	Sedes e Regiões Urbanas Atendidas
Cantareira	Este é o maior sistema da Região Metropolitana de São Paulo. O sistema produz 33 mil L s ⁻¹ . A sua capacidade pode abastecer 9 milhões de pessoas.	Represas Jaguari, Jacareí, Atibainha, Cachoeira e Paiva Castro.	Cantareira Este é o maior sistema da Região Metropolitana de São Paulo. O sistema produz 33 mil L s ⁻¹ . A sua capacidade pode abastecer 9 milhões de pessoas.
Guarapiranga	Este é o segundo maior sistema produtor de água e fica próximo da Serra do Mar. A água é proveniente da reversão das cabeceiras do Rio Capivari e retirada da Represa do Guarapiranga. O sistema produz 15 mil L s ⁻¹ e abastece 3,2 milhões de pessoas.	Represas Guarapiranga e Billings (Taquacetuba) e Rio Capivari	Cotia; E da Serra do Mar sudoeste
Alto Tietê	Localizado à leste das nascentes do Rio Tietê, esse sistema produz 10 mil L s ⁻¹ retiradas das represas Taiapuê e Jundiá. O sistema abastece 1,8 milhões de pessoas.	Represas Paraitinga, Ponte Nova, Jundiá, Biritiba Mirim e Taiapuê	Arujá; Itaquaquecetuba das partes o
Rio Claro	O sistema dista 70 km da capital paulista, produz 4 mil litros de água por segundo e abastece 1 milhão de pessoas.	Rio Claro - Represa Ribeirão do Campo	Mauá; E São Paulo
Rio Grande	O sistema é um braço da Represa Billings, produz 4,2 mil L s ⁻¹ e abastece 1,2 milhão de pessoas.	Represa Billings - Braço do Rio Grande	Diadema; E Campo. Paulo
Alto Cotia	Capta água da barragem do Rio Cotia e produz 1,3 mil L s ⁻¹ . Abastece 400 mil habitantes.	Represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça	Cotia; E Serra; V
Baixo Cotia	O sistema capta água do Rio Cotia, produz 1,1 mil L s ⁻¹ e abastece 200 mil pessoas.	Represas Pedro Beicht e Cachoeira da Graça	Cotia; E Serra; V

Ribeirão Estiva O sistema capta água do Rio Ribeirão da Estiva e produz 100 L s⁻¹, abastecendo 35 mil pessoas dos municípios de Rio Grande da Serra e Ribeirão Pires. O sistema foi escolhido para receber e colocar em prática as novas tecnologias desenvolvidas pela Sabesp. O objetivo é torná-lo um centro de referência tecnológica em automação em todas as fases de produção de água

Ribeirão da Estiva

Rio Gra

Fonte: Autores.

29

Capítulo 4 · O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e Suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária



Dentre estes sistemas apresentados, destaca-se o Sistema Cantareira (Figura 1), considerado o principal sistema de abastecimento da RMSP e de cidades nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá. O Cantareira é considerado um dos maiores sistemas de abastecimento de água potável do mundo, pois atende mais de 9 milhões de pessoas (MARENGO et al. 2015).

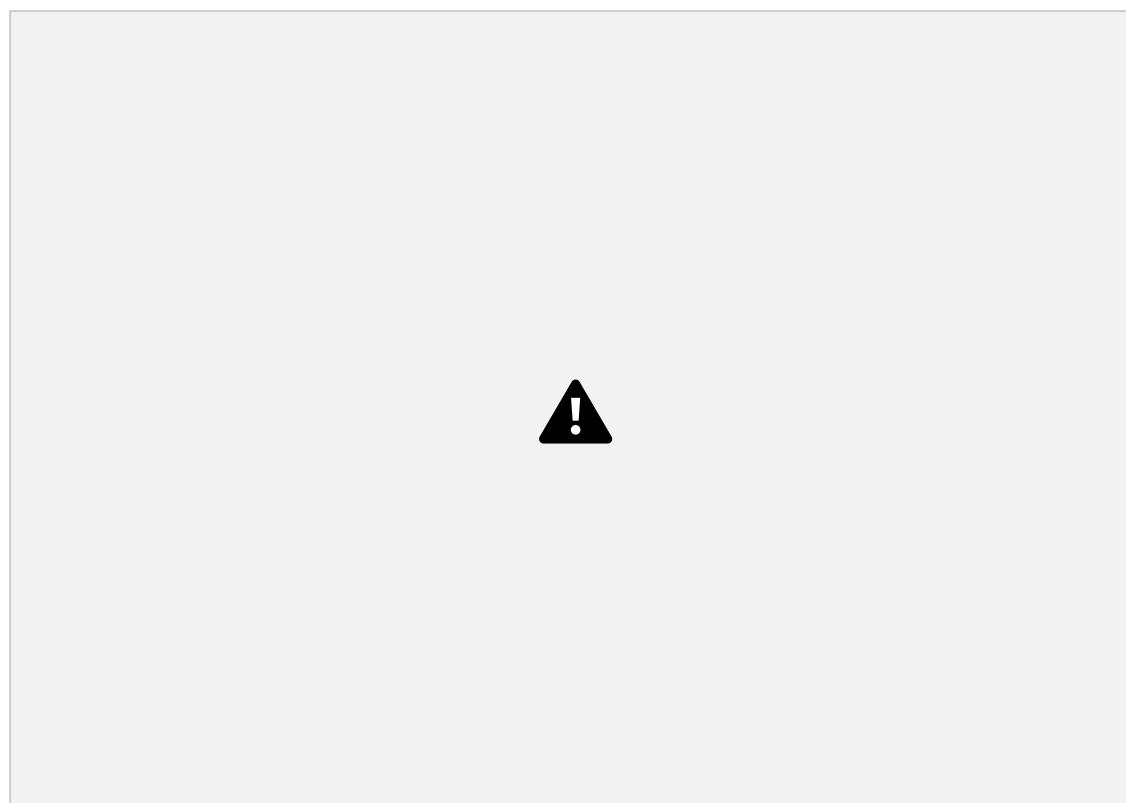


Figura 1. Esquema representando o Sistema Cantareira das bacias dos rios Piracicaba Capivari e Jundiá (PCJ).

Fonte: Agência Nacional de Águas (ANA).

Dentro do Sistema Produtor de Água Cantareira, destaca-se a região de Bragança Paulista, a qual abriga parte dos Reservatórios Juqueri/Jacaré. Estes reservatórios tiveram sua formação na década de 1980 e a especulação imobiliária na época aconteceu na área rural do município. Tal especulação induziu de forma intensiva o

parcelamento do solo e sua ocupação, principalmente nas bordas do corpo d'água, ou seja, nos 100 metros de largura limítrofes das cotas que definem o limite da área dos reservatórios, comprometendo assim os complexos e importantes serviços ambientais prestados pelo recurso natural.



Esta forma de parcelamento e consequente ocupação irregular do solo por descumprimento das normas legais foi caracterizada pela retirada da cobertura vegetal, desmatamentos, uso e manejo inadequado do solo, culminando na expansão imobiliária especulativa (BATISTA et al. 2017; MARINHESKI, 2016; CUSTÓDIO, 2015).

Esta não é uma particularidade dos reservatórios Jaguari/Jacareí, mas é uma realidade encontrada nas bordas de outros sistemas produtores de água da RMSP, os quais tem como produto final o uso inadequado do solo urbano, um imenso gasto com controle de eutrofização em decorrência dos dejetos humanos lançados irregularmente na água e o comprometimento da biodiversidade.

Este cenário leva à perda dos serviços ambientais prestados por tais reservatórios, o que será mais bem conceituado no próximo item.

4. SERVIÇOS AMBIENTIAIS (SA) E SERVIÇOS ECOSSISTÊMICOS (SE)

O termo “serviços ambientais” é utilizado de várias formas entre os pesquisadores nas literaturas científicas e foi apresentado pela FAO (2011), em seu relatório, como um subconjunto de serviços ecossistêmicos que podem ser gerados como externalidades positivas de atividades humanas.

O termo serviços ambientais foi identificado ainda, igualmente como serviços ecossistêmicos ou serviços ecológicos, contudo, segundo Whately & Hercowitz (2008), os autores indicam que existem diferenças quanto aos benefícios gerados e percebidos pelos homens. Um exemplo seria um plantio de árvores com intuito comercial, sendo que neste caso o manejo do homem caracteriza uma situação de serviços ambientais.

Já um fragmento de floresta nativa, cuja composição florística seja predominantemente de árvores, caracteriza uma situação de serviços ecossistêmicos, pois a vegetação promoverá o sequestro de carbono, regulação do ciclo hidrológico por meio da evapotranspiração, dentre outras características, sendo a regeneração e a dinâmica florestal independente do manejo humano.

Em outras palavras, os serviços ambientais são considerados como uma modalidade dos serviços ecossistêmicos voltados para os benefícios positivos que as

pessoas recebem do meio ambiente, gerados a partir de atividades que são controladas por agentes econômicos e ações humanas (FIDALGO, 2017; BERNARDO, 2016). Em geral, estes serviços ambientais são relacionados ao manejo pelo homem e alguns exemplos típicos



são a agrossilvicultura, o manejo florestal, o reflorestamento, dentre outros Gjorup et al. (2016) ressaltam que os serviços ecossistêmicos são benefícios diretos e indiretos providos pelos recursos naturais, sem interferência humana.

Logo, quando se fala sobre serviços ecossistêmicos, a maioria dos autores, a exemplo de Andrade e Romero (2009), entendem que estão direta ou indiretamente relacionando os mesmos com benefícios tangíveis, como por exemplo, os relativos a alimentos, agricultura, oferta de madeira, água entre outros e os intangíveis como as paisagens, beleza cênica, regulação do clima, absorção de CO₂, dentre outros.

Os serviços ecossistêmicos têm sido definidos ao longo do tempo de maneira semelhante. Daily (1997) *apud* Fisher et al. (2008), definiram SE como “serviços prestados pelos ecossistemas naturais e as espécies que o compõem na sustentação das condições para permanência na vida humana na Terra”. Contudo, uma definição amplamente utilizada é a citada pela Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2005), a qual caracteriza SE simplesmente como “os benefícios que as pessoas obtêm dos ecossistemas”, dividindo estes serviços em Serviço de apoio; Serviço de regulação; Serviço de provisão e Serviço cultural (FISHER et al. 2008).

Com isso, a Avaliação Ecossistêmica do Milênio (2005), detalhou os serviços conforme citado abaixo:

•**Serviços de provisão**, ou de fornecimento. Fornece bens como os relacionados ao abastecimento de alimentos, água doce, madeira, fibra de uso humano direto, combustíveis derivados de plantios comerciais como o álcool e todos os demais bens de uso e consumo da sociedade, como a disponibilidade da água para agricultura por meio da irrigação, eletricidade pelas hidroelétricas, incluindo serviços de recreação e turismo diretamente ligada ao rendimento da água, como citado por Francesconi et al. (2016).

•**Serviços de regulação** fornecem os serviços que regulam processos, ciclos e funções do ecossistema, que dão a condição biofísica da vida, como a polinização de cultivos agrícolas, a mitigação de danos causados pelas águas no caso de chuvas intensas. Ainda em relação à água a sua regulação e purificação, estabilização do clima e todos os benefícios interligados como controle e minimização de doenças e danos naturais.

•**Serviços de suporte**, também chamados de apoio, são os serviços considerados base, pois criam as condições necessárias para a geração dos demais serviços, como por exemplo, a formação do solo, produção do oxigênio, ciclagem de nutrientes, fotossíntese e produtividade primária.



•**Serviços culturais** são os serviços e bens intangíveis como os relacionados a valores, sejam eles estéticos, recreacionais ou religiosos, podendo citar o turismo, ecoturismo, recreação, educação, espiritualidade, religioso, estético e cultural, serviços que fazem do mundo um local onde as pessoas queiram viver (BRAUMAN, 2008).

O desenvolvimento de alguns serviços muitas vezes ocorre a custas de outros e vice versa, e essa interação envolvem considerações práticas e éticas que costuma ir além do domínio da ciência física e natural.

Neste trabalho, os serviços prestados por alguns recursos naturais construídos pelo homem, e portanto manejados por ele, serão caracterizados como serviços ambientais. Este é o exemplo de reservatórios de água que compõem sistemas produtores de água que captam, tratam e distribuem água para a população humana.

5. SERVIÇOS AMBIENTAIS HÍDRICOS

Os serviços ambientais hídricos são essenciais para a boa qualidade de vida da população humana. Alguns reservatórios hídricos da região metropolitana de São Paulo oferecem grande espaço para recreação e esportes náuticos, além de abrigo para boa parte da biodiversidade aquática a manutenção das estruturas tróficas destes ecossistemas.

Segundo Brauman et al. (2007), os serviços ambientais associados à reservatórios hídricos podem ser divididos em cinco categorias, a saber: suprimento de água extrativista; fornecimento de água *in-stream*; mitigação dos danos causados pela água; fornecimento de serviços culturais relacionados à água e ainda serviços de apoio associados à água, conforme detalhados abaixo.

•**Suprimento de água para usos extrativos diversos:** Referente água para consumo humano, agricultura, indústria, comércio, termelétricas.

•**Suprimento de água *in situ*:** Relaciona-se a produção de água nos corpos hídricos propriamente dito, que possibilita serviços como produção de energia hidrelétrica, recreação, transporte, pesca e outros produtos em que não há consumo de água.

•**Mitigação de danos relacionados à água:** Atua diretamente na redução de danos, como cheias, inundações, salinização de solos em regiões áridas, intrusões salinas, assoreamento de corpos hídricos principalmente em rios, lagoas e reservatórios como a erosão do solo a partir de sedimentos depositados como citado Francesconi et al. (2016), e ainda na eutrofização dos sistemas aquáticos.



•**Serviços culturais relacionados à água:** Leva em consideração valores estéticos, espirituais, históricos, educacionais e turísticos.

•**Serviços hidrológicos de suporte ao ecossistema:** Atuam na base de processos naturais ou no apoio a eles gerando os serviços das outras categorias, como a provisão de água, de nutrientes para o desenvolvimento da vegetação da formação de habitat para organismos aquáticos.

Estes serviços ambientais hidrológicos são influenciados por características e atributos como quantidade, qualidade, localização e tempo do fluxo do aquífero, conforme explicitado por Brauman (2007).

Os serviços hidrológicos também estão relacionados às mudanças na cobertura florestal, nos padrões climáticos e nas infraestruturas que influenciam e causam efeito geomorfológicos e hidrológicos diretamente relacionados às mudanças das paisagens (FRANCESCONI et al. 2016; GRIZZETTI et al. 2016). Tais influências podem causar impactos diretos nas características dos rios, lagos e reservatórios em sua vazão e estabilidade, podendo inclusive influenciar na quantidade e qualidade da água dos ecossistemas, prejudicando ainda comunidades biológicas.

Quando se considera que os principais serviços fornecidos pelos recursos hídricos: abastecimentos de água e recarga de aquíferos; regulação de fluxos de águas e nutrientes; filtragem da água; formação do solo; controle biológico e produção de alimentos, fica claro a importância do conhecimento das inter-relações entre os diferentes ecossistemas e seu equilíbrio. Mas quando governos e empresas são incapazes de internalizar a degradação desse bem público, a água se torna uma externalidade que compromete a capacidade do ecossistema de armazená-la e, conseqüentemente, manter o abastecimento disponível para a sociedade (BELLVER-DOMINGO; HERNÁNDEZ-SANCHO; MOLINOS-SENANTE, 2016).

A internalização da degradação passa obrigatoriamente pela identificação das pressões antrópicas sobre os serviços ecossistêmicos hídricos, pressões estas também apresentadas por Grizzetti et al. (2016), quando afirma a necessidade de se considerar as complexas ligações ente as combinações de pressões antrópicas e as respostas ecológicas

dos sistemas aquáticos, podendo ainda ocasionar efeitos aditivos sinérgicos ou antagônicos.



Essas pressões podem ser resumidas como as alterações na quantidade e qualidade da água, mudanças no habitat e ainda nos componentes biológicos, como apresentado no Quadro 2.

Quadro 2. Agentes de pressão e estresse nos sistemas produtores de água.

Alteração de:	Quantidade de água (Modificações de fluxo, alterações hidrológicas)	Quantidade e frequência
		Exploração de águas subterrâneas
		Alterações na precipitação e temperatura
		Alterações no escoamento
	Qualidade da água (Poluição difusa e pontual)	Nutrientes
		Produtos químicos
		Metais
		Patógenos
		Lixo
		Salinização de águas subterrâneas
		Sedimentos, aumento de turbidez
	Habitat	Alterações hidromorfológicas
	Biota e comunidades biológicas	Espécies exóticas, mudanças diversas nas comunidades biológicas

Essas pressões chegam a afetar o status do ecossistema aquático a ponto de alterar os serviços ecossistêmicos e mesmo o seu valor econômico (GRIZZETTI et al. 2016). Com o intuito de quantificar as possíveis mudanças nestes serviços, desenvolveu-se uma estrutura conceitual para se realizar uma avaliação integrada dos serviços relacionados à água, visto os principais serviços ecossistêmicos estarem ligados ao ciclo hidrológico nas bacias hidrográficas, os mais facilmente identificados como a purificação da água,



retenção da água e regulação do clima podem influenciar o reconhecimento de serviços menos evidentes, como os demais serviços de manutenção e regulação. Como apresentado nos itens anteriores, existem várias definições bem como a abordagem para sua quantificação e valoração, o que mostra a falta de consenso por parte dos profissionais e formuladores de políticas públicas (POLASKY; TALLIS; REYERS, 2015).

Baseado nisso, pesquisadores trabalhando na definição geral de conceitos e metodologias para identificar e avaliar serviços ecossistêmicos propuseram um quadro analítico à abordagem dos serviços ecossistêmicos na União Europeia, que visa compreender e quantificar os impactos das pressões sobre a ecologia da água e os efeitos sofridos nos serviços ecossistêmicos derivado dessas ações (MARS, 2018).

Quando se compreende a relação das pressões múltiplas pode-se planejar medidas para diminuir ou mesmo evitar o comprometimento dos serviços ecológicos, tendo sempre em vista que estes serviços devem levar em consideração tanto os ciclos hidrológicos como as interações entre a água e do solo em diversos ecossistemas como florestas, terras agrícolas, matas ciliares, zonas úmidas e corpos de água diversos (GRIZZETTI et al. 2016).

O Quadro 3 é uma representação esquemática entre as relações do ecossistema as pressões sobre os estados ambientais e ecológicos hídricos e o consequente efeito gerado nos serviços ecossistêmicos. Lembrando que o presente quadro de pressões e as setas que descrevem as relações não são finais. As interações convidam para o desenvolvimento de relações diversas em função do que se estuda.

As complexas interações do clima, topografia, geologia, solo, cobertura vegetal, manejo da terra, dos recursos hídricos e modificações humanas da paisagem influenciam diretamente nos serviços ecossistêmicos, e por consequência, na qualidade e quantidade da água. Portanto, torna-se imprescindível na tomada de decisões incorporar o entendimento dos serviços ecossistêmicos, envolvendo a previsão dos efeitos e usos da

terra e das mudanças climáticas com os recursos hídricos (GUSWA et al. 2014).

Essas complexas interações se mostram particularmente preocupantes quando ameaçam o fluxo do aquífero, e conseqüentemente a manutenção do sistema como um todo, pois é no desmatamento ou inadequado manejo florestal das áreas ribeirinhas, matas ciliares que a qualidade e quantidade de água se mostra mais susceptível (FISHER et al. 2010; BREMER et al. 2014).



Esta ameaça é a principal responsável pelo aumento do escoamento superficial e da erosão em corpos hídricos, influenciando nas taxas de recarga e no aumento dos níveis de sedimentos na água (BELLVER-DOMINGO et al. 2016).

Diante da realidade do desmatamento e dos danos advindos desta ação, entendido como um dos principais responsáveis pelas perdas dos serviços ecossistêmicos, destaca-se a necessidade de se valorar o custo socioambiental desta perda, fato que será apresentado a partir do próximo item.



Quadro 3. Quadro mostrando a avaliação integrada entre atores, pressões, status do ecossistema e serviços ecossistêmicos hídricos. As setas em azul representam as ligações entre os itens do quadro.

ATORES	PRESSÕES	STATUS DO ECOSSISTEMA	Parâmetros chaves:
População	Barragens	Alteração de:	Fluxo do aquífero Q médio Recarga de água subterrânea Fluxo ambiental
Mudança de uso da terra	Captação de água	Qualidade da água e sazonalidade	N, P, Si Sedimentos Pesticidas Metais...
Atividades econômicas (agricultura, indústria...)	Poluição difusa	Qualidade de água	Clorofila Algas Biomassa pesqueira Macro invertebrados...
	Poluição pontual	Elementos biológicos	Viveiros, Berçário Habitat natural Planta e alimentos naturais Matas ciliares ripárias
	Intrusão de sal	Estrutura hidromorfológica	
Padrões de consumo	Erosão do solo	Tributos hidrológicos do ecossistema	
	Espécies exóticas		
Mudanças climáticas	Sobrepesa		
	Canalização/retificação de cursos d'água		
	Aumento da temperatura, aquecimento		

Fonte: Adaptado de Grizzetti et al. 2016.

38

Capítulo 4 - O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e Suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária



6. VALORAÇÃO AMBIENTAL

A valoração econômica de danos ambientais é definida como um conjunto de técnicas que tem por objetivo valorar e mensurar monetariamente bens, recursos naturais, ou ainda um dano ambiental (COTRIM, 2012; SOUZA, 2013). Essa valoração tem caráter interdisciplinar com a função de preservar um recurso natural e ainda auxiliar processos administrativos de licenciamento ambiental, processos civis visando ações indenizatórias e no cálculo de multas por danos ambientais (CORDIOLI, 2013).

Identifica-se ainda a necessidade da incorporação de valores de outros serviços ecossistêmicos, processos ecológicos e critérios de sustentabilidade que por sua complexidade frequentemente não são considerados, conferindo assim a redução no caráter da valoração (ANDRADE; ROMEIRO, 2013).

A valoração ambiental também pode ser definida como a forma que se utiliza

para definir valores a ativos ambientais, e também quando existem mudanças nestes ativos, podendo acarretar outras alterações que atingem o homem e seu bem estar (DOS SANTOS, 2015).

A importância da valoração reside na forma de estabelecer uma quantia monetária de mercado com o intuito de sinalizar o valor que o recurso ambiental possui, auxiliando a determinação de políticas públicas de conservação do meio ambiente aliadas ao desenvolvimento sustentável (SILVA, 2015).

A valoração ambiental passa por abordagens distintas em que duas diferentes formas de avaliação ambiental são comumente consideradas, a primeira leva em consideração ferramentas de avaliação monetária baseada em termos estritamente técnicos, sem a participação da sociedade, e, portanto não consegue traduzir os valores e significados sociais. Já a segunda abordagem leva em consideração estes valores por meio da efetiva participação dos cidadãos e assim conseguem representar o interesse público nas tomadas das decisões, que é um dos objetivos que vem sendo apontados como relevantes para a valoração ambiental (TADAKI; SINNER; CHAN, 2017).

A seguir serão apresentadas algumas metodologias distintas de valoração ambiental.



7. MÉTODOS DE VALORAÇÃO AMBIENTAL

Os métodos de valoração podem ser classificados em Métodos Diretos ou Métodos Indiretos:

•**Métodos diretos:** Relacionados a identificar, captar as preferências, disposição a pagar e ou receber das pessoas pelo bem, ou serviços ambientais em relação à qualidade ambiental (OLIVEIRA, 2018; COTRIM, 2012; ABNT, 2009).

•**Métodos indiretos:** Ao contrário do método direto, não estão relacionados à disposição a pagar dos indivíduos, mas sim relacionados indiretamente com as mudanças na qualidade ambiental. Valoram os benefícios ambientais por meio das estimativas dos custos associado aos danos (CORIOLI, 2013; COTRIN, 2012; ABNT, 2009).

Métodos de valoração ambiental têm a função de valorar os recursos naturais por meio de instrumentos, tendo por base os valores que as pessoas atribuem aos recursos naturais a partir das preferências individuais da população, e são comumente usados em

processos de perícia judicial e licenciamentos ambientais (COTRIM, 2012; CORDIOLI, 2013).

Um detalhe importante é sempre considerar o “objetivo da valoração, as hipóteses assumidas, a disponibilidade dos dados e do conhecimento da dinâmica ecológica do bem a valorar”, e ainda trabalhos que tem em seu escopo semelhanças, como serão apresentados a frente, das características de danos identificados e, portanto, valorados (ABNT, 2009).

A Tabela 1 apresenta os principais pesquisadores e os métodos que foram por eles utilizados para testar e comparar métodos de valoração ambiental em situações semelhantes de uso.



Tabela 1. Representação dos métodos de valoração ambiental com os principais métodos estudados pelos autores (destaque em verde escuro dos métodos que mais se repetiram nos trabalhos apresentados e que serão aqui detalhados).

PESQUISADORES RAMALHO	MÉTODOS VALORAÇÃO AMBIENTAL				
	COTRIM	SOUZA	CORDIOLI	KASKABTZIS	CO
2010					
	2012				
		2013			
			2013		
				2011	
MÉTODOS DIRETOS					
Método de Val Contingente MVC X	X		X		

Método Custos de Viagem MCV X	X		X		
Método Preços Hedônicos MPH X	X		X		

MÉTODOS INDIRETOS

Método Fator Ambiental EFM		X	X		
Método Produtividade Marginal PMP		X			
Método DEPRN X	X	X	X	X	
Método Dose Resposta X			X		
Método Custos Evitados MCE X	X		X		
Método Custo de Reposição MCR X	X		X		
Método VERD		X	X		
Método Almeida			X		
Método Custos Amb Tot Esp CATE	X		X	X	
Método Mercado de Bens Substitutos	X				
Método do Valor de Comp Amb VCP	X			X	
Método Análise Habitat Eq. AHE	X			X	
Método Custos de Controles MCC					
Método de Custos de Oport. COM					

Fonte: Autores.

41

Capítulo 4 · O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e Suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária



Existem algumas particularidades entre os diferentes métodos. Abaixo serão apresentadas as características básicas das principais metodologias de valoração de bens e serviços ambientais (NOGUEIRA; MEDEIROS; ARRUDA, 2000; COTRIM, 2012; CORREIA, 2015; SILVA, 2015).

7.1 Método de Valoração Contingente – MVC

Este método leva em consideração a disposição a pagar e ou a receber compensação, medindo situações onde não existe preço no mercado. Recursos para a sobrevivência como o ar ou a água, por exemplo, supondo um hipotético mercado estruturado para tal.

É um método comumente utilizado para valoração de Unidades de Conservação,

quando utilizam de entrevistas aos usuários desses espaços e sua disposição a pagar para terem a melhoria na qualidade de vida, no seu bem-estar.

7.2 Método dos Custos de Viagem – MCV

Neste método, se avalia os gastos realizados pelas famílias para as viagens que fazem, normalmente para diversão, pressupondo os benefícios advindos dessa atividade. Todos os gastos da viagem devem ser considerados, desde seu planejamento, hospedagem, alimentação, equipamentos, estacionamento, ingressos, e demais despesas.

Ao contrário do método anterior, Cotrim (2012), entende que a principal vantagem do método é a não necessidade de um mercado hipotético.

7.3 Método de Preços Hedônicos – MPH

É um método que considera características locacionais e ambientais na compra de um imóvel. Dessa maneira, consegue valorar o imóvel em detalhes, valorando atributos ambientais, capitalizando-os de forma direta em seus bens, apresentando, indiretamente a disposição a pagar pelo meio ambiente representado na característica desejada e encontrada que influenciará no valor final.



7.4 Método de Custos Evitados – MCE

Por meio de atividades substitutivas ou complementares, pode-se considerar como aproximação pecuniária de atributos ambientais modificados, o valor estimado de um recurso ambiental. Podendo assim estimar os gastos de bens substitutos sem modificar a qualidade ou quantidade consumida do bem natural que se propõe estudar.

É a forma de aproximar financeiramente os gastos com alguma característica ambiental substituída por outro gasto, para medir ou comparar como as pessoas percebem as mudanças nessas características ambientais.

Em outras palavras, seria como em substituição a água num poço contaminado por coliformes fecais, a pessoa comprar água mineral engarrafada para se proteger de contaminação. Assim, foi feita a substituição de um bem e a valoração da perda na qualidade da água pela compra da água mineral, acrescidos do risco inerente por adoecer

contraindo doenças por veiculação hídrica.

7.5 Método de Custo e Reposição – MCR

É o método mais direto de aplicação, pois considera a reparação por um dano provocado. Tem por primícias o custo de restauração ou reposição de um dano a um bem que na abordagem de mercado, e entende esse custo de reposição como a resolução do dano ocorrido.

Contudo, este método tem como desvantagem que mesmo lançando-se mão de todos os recursos financeiros, dificilmente conseguirá repor integralmente o dano ocorrido, como por exemplo, os gastos envolvidos na restauração de uma floresta, onde certamente não conseguira repor as complexas propriedades, tributos ambientais de forma idêntica a original.

7.6 Método do Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais de São Paulo (DEPRN)

Este é um método composto pelo custo de recuperação do impacto, como por exemplo, o custo de plantio de áreas degradadas e/ou valor de exploração dos bens afetados quando são revertidos economicamente. Como por exemplo, podemos citar a venda de



madeira, caça e demais produtos e/ou subprodutos ambientais/florestais e ainda um conjunto de critérios que são utilizados para qualificar os agravos do dano. O Método do DEPRN foi escolhido a partir de trabalhos e pesquisas científicas em que, considerando a complexidade e pouca eficiência das demais metodologias, sugere-se que o método do Departamento Estadual de Proteção dos Recursos Naturais de São Paulo é o mais apropriado dentre os existentes (SOUZA; MENEZES, 2013). Com a intenção de encontrar um método de aplicação prática e apropriado as condições brasileiras, Cordioli (2013) comparou diversas metodologias, e também concluiu que o método DEPRN é um dos principais métodos a ser utilizado em casos onde ocorre desmatamento em área natural ou plantada. Levou em consideração para isso, custos para a sua recuperação e ou exploração dos bens eventualmente retirados, apropriados que pode ser de um plantio comercial ou mesmo de uma área natural onde se retirou madeira para lenha ou tora de uma exploração irregular.

Não apenas Cordioli (2013) chegou à conclusão que o método do DEPRN é o mais indicado para situações de desmatamento e sua valoração a partir do custo de recuperação ou exploração, mas Cotrim (2012), Correia (2015) e Souza e Menezes (2013), em comparação a outros métodos, também concluíram que o método DEPRN estava entre os principais e mais indicados para situações de desmatamento e posterior valoração ambiental.

Para a aplicação deste método, é necessária uma vistoria em campo, coleta de dados cartográficos e informações descritivas, no qual por meio de um sistema de Quadros e Tabelas, se definem os compartimentos ambientais e seus critérios de qualificação e agravos pré-estabelecidos que resultem nos valores de cada compartimento (Correia, 2015, Cotrim, 2012). Com isso, após a qualificação do dano, obtém-se o índice de qualificação dos agravos para cada compartimento correspondente ao dano ambiental em análise.

Abaixo, o Quadro 4 apresenta a descrição e qualificação dos agravos segundo cada um dos compartimentos estudados, sendo os principais a água, o solo, o ar e a biota. Este quadro será a base de toda a discussão do Método DEPRN, pois ele aborda de forma conjunta, todos os compartimentos que têm que ser verificados referente a danos ambientais.



Quadro 4. Compartimentos AR, ÁGUA, SOLO/SUBSOLO, FAUNA, FLORA e PAISAGEM, subdivididos em tipos de danos, com as devidas descrições e qualificação dos agravos que podem ser identificados em relação a estes danos.

COMPARTIMENTO TIPO DE DANO DESCRIÇÃO E QUALIFICAÇÃO DOS AGRAVOS

AR

Impacto causado pela emissão de gases, partículas, agentes biológicos, energia
 Toxidade da emissão
 Proximidade de centros urbanos Áreas protegidas Comprometimento do aquífero
 Morte ou danos a fauna
 Morte ou danos a flora
 Dano ao patrimônio ou monumento natural

	Impacto na dinâmica atmosférica (x1,5)	Morte ou danos a fauna	Morte ou danos a flora	Alteração da qualidade do ar	Previsão de reequilíbrio	
ÁGUA	Impacto causado por compostos químicos, físicos, biológicos ou energia	Toxidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Danos ao solo e ou subsolo	Morte ou danos a fauna
	Impacto na hidrodinâmica (x1,5)	Morte ou danos a fauna	Morte ou danos a flora	Alteração da classe do corpo	Alteração da vazão / volume	Previsão de reequilíbrio

				hídrico	de água	
SOLO SUBSOLO	Impacto causado por agentes químicos, físicos, biológicos ou energia	Toxidade da emissão	Comprometimento do aquífero	Áreas protegidas	Assoreamento do corpo hídrico	Morte ou danos à fauna
	Impacto na dinâmica solo e ou subsolo (x1,5)	Morte ou danos a fauna	Morte ou danos a flora	Alteração da capacidade de uso da terra	Dano ao relevo	Previsão de reequilíbrio
FAUNA	Dano aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Fêmeas	Objetivos comerciais
	Impacto na dinâmica da comunidade (x1,5)	Importância relativa	Morte ou danos a flora	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio	
FLORA	Dano aos indivíduos	Áreas protegidas	Espécies ameaçadas de extinção	Espécies endêmicas	Favorecimento da erosão	Dano ao patrimônio natural
	Impacto na dinâmica da comunidade (x1,5)	Morte ou danos a fauna	Importância relativa	Alteração dos nichos ecológicos	Previsão de reequilíbrio	
PAISAGEM	Dano à paisagem	Áreas e ou municípios protegidos	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo e subsolo
	Dano ao patrimônio cultural, histórico, turístico, arquitetônico e artístico (x1,5)	Proximidade de centros urbanos	Reversão do dano	Comprometimento do aquífero	Comprometimento do solo e subsolo	Morte ou danos à fauna

Fonte: Adaptado de Galli (1996) apud Santos (2015).

45

Capítulo 4 • O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e Suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária



O Quadro 4 separa o meio ambiente em seis compartimentos, sendo: ar, água, solo/subsolo, fauna, flora e paisagem. Em cada compartimento, tem-se a descrição de dois tipos de danos, os quais recebem pesos diferenciados.

Cada avaliação de impacto ambiental é particular e ocorre com características específicas, as quais nem sempre são evidentes para os técnicos em campo. Sendo assim, é necessário que se crie uma qualificação dos agravos evidenciados, ou seja, ao fazer vistorias, o técnico poderá qualificar o dano no compartimento como um dano evidente, um suposto dano ambiental ou um dano que apresenta fortes indícios, pois a avaliação neste caso é essencialmente qualitativa.

Existe um sistema de pontuação e pesos no método DPRN que se utiliza de várias tabelas acessórias, as quais precisam ser conhecidas em profundidade para se fazer uma boa mensuração e avaliação dos danos ambientais.

Destaca-se, no entanto, que no final da aplicação do procedimento, o método gera um fator de multiplicação que será uma das bases da valoração de recuperação do dano

ambiental avaliado, conforme mostra a fórmula abaixo:

$$\text{Valor do dano ambiental} = \sum (\text{fator de multiplicação}) \times \text{Valor de Exploração ou Recuperação}$$

O valor de **Exploração** é relacionado ao valor de mercado de bens lesados ou apropriados, como por exemplo o corte, desmatamento irregular de árvores nativas para carvoarias, lenha provenientes de exploração irregular (COTRIM, 2012; CORDIOLI, 2013; OLIVEIRA, 2018).

Já o valor de **Recuperação** é relacionado a bens degradados que não possuem mercado pré-estabelecido como o ar, o microclima, lençol freático, ecossistema terrestre entre outros. Portanto, a forma de se valorar estes bens é por meio do custo do valor de recuperação do bem e/ou recurso lesado (OLIVEIRA, 2018), como o caso de projetos de recuperação de áreas degradadas.



8. LEGISLAÇÃO AMBIENTAL RELACIONADA AOS SISTEMAS HÍDRICOS DE ABASTECIMENTO

Para que se possa entender a atual situação da legislação ambiental vigente, o novo Código Florestal, precisamos conhecer a legislação anterior que por meio da Lei Federal nº 4.771 de 15 de Setembro de 1965 em seu artigo 2º alínea “b”, estabelecia que ao redor de lagoas, lagos ou reservatórios dava-se a Área de Preservação Permanente (APP).

Posteriormente a Resolução CONAMA nº302 de 20 de março de 2002, definiu no seu artigo 3º os limites, largura mínima da área de vegetação a ser preservada “em cem metros para áreas rurais”.

No novo e vigente Código Florestal, a Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 traz novos entendimentos e delimitações das APP's, como por exemplo o artigo 4º inciso III, que traz que estas áreas em torno dos reservatórios devem ser definidas na licença ambiental do empreendimento.

Esta forma de definição das Áreas de Preservação Permanente por meio da licença

ambiental do empreendimento não atende aos reservatórios da RMSP, uma vez que os mesmos foram criados entre as décadas de 1900 a 1980, Sistema Cantareira (n.d.), e, portanto, acaba excluindo todos os 8 (oito) sistemas produtores de água que atendem a 39 municípios da RMSP, aproximadamente 22 milhões de pessoas, sendo o maior e mais populoso aglomerado urbano do país (ANA, 2010).

As faixas das Áreas de Preservação Permanente eram definidas pelo então Código Florestal Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965, e posteriormente pela Resolução CONAMA nº302 de 20 de março de 2002 que dispunha sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno, agora revogadas pela atual legislação.

Mesmo não possuindo faixa de APP definidas nas licenças ambientais do empreendimento, as represas ou barragens poderiam ainda ser atendidas em relação ao ordenamento, plano de manejo e consequente definição da faixa de suas APP's quando inseridas em algum tipo de Unidade de Conservação de Uso Sustentável, como por exemplo as APA's - Áreas de Preservação Ambiental definidas no Sistema Nacional de Unidades de Conservação - SNUC, Lei nº 9.985 de 18 de Julho de 2000.

Como exemplo, temos as represas Jaguari e Jacareí, que compõem o Sistema Cantareira de produção de água. Ambas estão inseridas em duas APA's, sendo a APA



Piracicaba – Juqueri Mirim II, e a APA Sistema Cantareira (Figura 3) em que se sobrepõem exatamente sobre as represas, identificando assim a importância e necessidade de ordenamento específico para estas áreas.



Figura 3. Sobreposição das APA's Piracicaba – Juqueri Mirim II e APA. Sistema Cantareira sobre a área das represas Jaguari e Jacareí. *Fonte: Atlas de Unidades de Conservação Ambiental do Estado de São Paulo - SMA/1998 - Secretaria de Estado do Meio Ambiente / Coordenadoria de Planejamento Ambiental.*

Tanto a APA Piracicaba – Juqueri Mirim II, como a APA Sistema Cantareira, ainda não foram regulamentadas, logo não possuem Plano de Manejo, e conseqüentemente não tem suas faixas de APP's definidas. Portanto, considera-se a legislação atual, o artigo 62 da Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012 que define a faixa da Área de Preservação Permanente como faixa entre o nível máximo operativo normal e a cota máxima maximórum.

Assim, resta apenas à classificação da APP no artigo 62º da atual legislação Lei nº 12.651 de 25 de Maio de 2012, como descrito acima, que se dá entre a distância do nível, cota máxima operativa normal e a cota máxima maximórum, que vai variar em função da declividade da margem dos reservatórios. Invariavelmente é muito inferior ao mínimo



necessário, que no caso específico do Sistema Cantareira nas represas Jaguari/Jacareí, que variam entre 5,0 a 20,0 metros de largura. Ellovitch e Valera (2013) também consideram que estas faixas de APP não cumprem a função de preservar a qualidade e quantidade de água, nem evitam o carreamento de partículas do solo em processos

erosivos, e, portanto, a garantia mínima do fluxo gênico da biodiversidade, entre outras funções.

Conclusão semelhante chegou Metzger (2010) no seu artigo no periódico Conservação e Natureza sobre a discussão se o novo código florestal de 2012 teria base científica ou não. Neste trabalho, o autor avalia se a definição da largura da faixa de APP não devia considerar entre outros fatores a topografia da margem, o tipo de solo, o tipo de vegetação o tipo de clima, principalmente em relação a quantidade e intensidade de precipitação.

Dentre as diversas possibilidades para se levar em consideração para a definição, estão, por exemplo, a fixação do solo, conservação e proteção dos recursos hídricos, preservação da fauna e flora, onde Metzger (2010), Ellovitch e Valera (2013) entendem que a largura desta faixa deve assegurar o cumprimento de todas essas funções, sendo que a legislação deveria garantir a função mais exigente, como a conservação da biodiversidade.

Por considerarem as APP's áreas de fundamental relevância quanto à conservação e preservação da biodiversidade, estes autores destacam também como fator limitante os corredores ecológicos, pois fazem a ligação entre as diversas paisagens fragmentadas de áreas preservadas (VALERA, 2017; METZGER, 2010; KEUROGHLIAN; EATON, 2008; MARTENSEN; PIMENTEL; METZGER, 2008).

Na Mata Atlântica, Metzger (2010) apoia as larguras de faixa de APP do então Código Florestal de 1965, por estar técnica e cientificamente próximo do mínimo necessário para a manutenção da biodiversidade. No caso dos cursos d'água com até 10 metros de largura, o autor considera uma faixa mínima de 50 metros em cada margem, perfazendo assim 100 metros somados de corredor ecológico independente do bioma, solo ou topografia. Esta informação da presença de uma faixa mínima de 100 metros de largura em reservatórios também é preconizada na Resolução CONAMA nº302 de 20 de março de 2002 em seu artigo 3º inciso I.

Esta Resolução foi revogada pela atual Lei Federal nº 12.651 de 25 de maio de 2012, que atendia satisfatoriamente os estudos e conhecimentos técnicos científicos para a largura mínima necessária para sua preservação, nos levando a considerar faixa de 100



metros como faixa mínima necessária para sua proteção e consequente cumprimento de seus serviços ecossistêmicos.

9. PAGAMENTO POR SERVIÇOS AMBIENTAIS (PSA)

O termo Pagamento por Serviços Ambientais surgiu a partir de um conceito para incentivar e gratificar proprietários rurais de forma que realizassem as boas práticas na agricultura, conservação do solo e consequente preservação e manutenção da prestação dos serviços ecossistêmicos (GRIMA et al. 2015).

Portanto PSA é a forma de transferir recursos financeiros a partir de serviços ambientais que são prestados pela natureza, calculados a partir do entendimento econômico destes serviços, mesmo quando o mercado não demonstre levar em consideração as atividades de proteção e uso sustentável destes recursos naturais (GUEDES; SEEHUSEN, 2011).

O PSA funciona como um instrumento econômico, em que proprietários rurais recebem benefícios monetários a partir das práticas de manejo e conservação do solo em que os serviços ambientais continuem ocorrendo (BERNARDO, 2016).

Parte-se do princípio que os serviços ecossistêmicos devem ser mensurados e pagos, compensados por quem se beneficia deles direta ou indiretamente, sejam eles os agricultores ou moradores das cidades. Destaca-se a relevância do pagamento pelas sociedades industriais, as quais dependem enormemente da geração de energia por queima de combustíveis fósseis, pois esta sociedade tem a responsabilidade de compensar os moradores das zonas rurais e áreas florestadas onde estes serviços são prestados, como por exemplo o sequestro de carbono que atua na estabilização do clima global (GRIMA et al. 2015).

A definição que melhor explica e define o PSA é a apresentada por Wunder (2015), sendo também a mais aceita pelos pesquisadores: “transações voluntárias entre usuários de serviços e prestadores de serviços que estão condicionados a regras acordadas de gestão de recursos naturais para geração de serviços externos”.

Sendo que os serviços ecossistêmicos levados em consideração para o PSA são:

•**Sequestro/armazenamento de CO₂**, onde se paga pelo plantio e/ou manutenção de árvores;

•**Biodiversidade, conservação**, onde o pagamento se dá pelo proteção e/ou restauração de florestas;

•**Bacias hidrográficas, na proteção e manutenção**, onde o pagamento se dá aos proprietários rurais a montante, com o intuito de preservação e uso adequado da terra para a não ocorrência de processos erosivos, em que auxiliarão na qualidade,



quantidade e regulação da vazão da água;

•**Beleza estética, na manutenção de locais de apelo cênico, paisagístico ou cultural**, em que o pagamento se dá pela conservação destas áreas de forma a manter sua integridade original (WUNDER, 2005; ARRIAGADA; PERRINGS, 2009).

A valoração ambiental é, portanto, uma ferramenta de fundamental relevância para se estimar monetariamente os recursos naturais principalmente de áreas vulneráveis.

10. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do tempo, constata-se que a ocupação das áreas no entorno dos reservatórios da RMSP ocorrerem sem o devido planejamento, de forma a tender uma demanda por espaços dos mais variáveis motivos, desde a expansão desordenada empurrando periferias das grandes cidades, até a especulação imobiliária dessa mesma expansão, mas agora com um viés voltado para a ocupação de áreas que se tornaram nobres, em relação a paisagem, mais distantes em cidades interioranas onde seus reservatórios se mostraram necessários ao abastecimento público.

Estas ocupações ocorreram à revelia das legislações ambientais, onde muitas perduram até os dias de hoje, dificultando sobremaneira a resolução destes problemas, colocando toda a sociedade em risco pela falta destes serviços ambientais/ ecossistêmicos que deixam de ser prestados.

Por outro lado, pela necessidade de novos reservatórios para acumulação de água para consumo humano e o contínuo crescimento desordenado das cidades é hora de repensar como esse crescimento acontece, de forma a minimizar os impactos gerados, sob risco de não atender a demanda futura e até mesmo aumentar os riscos oriundos da falta de planejamento na ocupação destes espaços.

Torna-se imprescindível a discussão junto a sociedade para normatização e regulamentação da legislação em base técnica científica, pois os problemas advindos de não se considerar os atributos e necessidades biofísicas dos serviços ecossistêmicos, nos



levará a problemas indissolúveis no que tange a produção, captação, armazenamento e tratamento de água para a quantidade e qualidade necessária ao abastecimento público.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABNT - Associação Brasileira De Normas Técnicas. (2009). NBR 14653-6. Avaliação de bens - Parte 6: Recursos naturais e ambientais. Rio de Janeiro. 16f. ANA - Agência

Nacional de Aguas. (2010). Região Metropolitana de São Paulo. Disponível em:
<<http://atlas.ana.gov.br/Atlas/forms/analise/RegiaoMetropolitana.aspx?rme=24>>.

Acesso em 10 de janeiro de 2019.

ANDRADE, D. C.; ROMEIRO, A.R. (2009). Capital natural, serviços ecossistêmicos e sistema econômico: rumo a uma “Economia dos Ecossistemas”. 37º Encontro Nacional de Economia. Foz do Iguaçu: ANPEC.

ARRIAGADA, R.; PERRINGS, C. (2009). Making payments for ecosystem services work. In Values, Payments and Institutions for Ecosystem Management: A Developing Country Perspective. United Nations Environment Programme (UNEP).

ASSESSMENT, M. E. (2005). Ecosystems and human well-being (v.5). Washington, DC: Island press.

BATISTA, C. S. P.; GESUALDO, G. C.; LEITE, P. C. C.; LASTORIA, G.; GABAS, S. G.; CAVAZZANA, G. H.; ... DE SOUZA AZOIA, T. (2017). Aplicação do método GOD para avaliação de vulnerabilidade de aquífero livre em bacia hidrográfica. Águas Subterrâneas.

BELLVER-DOMINGO, A.; HERNÁNDEZ-SANCHO, F.; MOLINOS-SENANTE, M. (2016). A review of Payment for Ecosystem Services for the economic internalization of environmental externalities: A water perspective. *Geoforum*, 70: 115-118.

BERNARDO, K. T. (2016). Avaliação da efetividade de esquemas de pagamento por serviços ambientais hídricos: proposta metodológica (Tese de doutorado). Universidade de São Paulo, Escola de engenharia de São Carlos, São Carlos, SP, Brasil.



BRASIL. (1965). Lei Federal nº 4.771 de 15 de setembro de 1965. Institui o novo Código Florestal.

BRASIL. (2000). Lei nº 9.985 de 18 de julho de 2000. Regulamenta o art. 225, § 1º, incisos I, II, III e VII da Constituição Federal, institui o Sistema Nacional de Unidades de Conservação da Natureza – SNUC e dá outras providências.

BRASIL. (2002). Resolução Conama Nº302 de 20 de março de 2002. Dispõe sobre os parâmetros, definições e limites de Áreas de Preservação Permanente de reservatórios artificiais e o regime de uso do entorno.

BRASIL. (2012). Lei nº 12.651 de 25 de maio de 2012. Dispõe sobre a proteção da

vegetação nativa; altera as Leis nºs 6.938, de 31 de agosto de 1981, 9.393, de 19 de dezembro de 1996, e 11.428, de 22 de dezembro de 2006; revoga as Leis nºs 4.771, de 15 de setembro de 1965, e 7.754, de 14 de abril de 1989, e a Medida Provisória nº 2.166-67, de 24 de agosto de 2001; e dá outras providências.

BRAUMAN, K. A.; DAILY, G. C.; DUARTE, T. K. E.; MOONEY, H. A. (2007). The nature and value of ecosystem services: an overview highlighting hydrologic services. *Annual Review of Environment and Resources*, 32: 67-98.

BREMER, L. L.; FARLEY, K. A.; LOPEZ-CARR, D.; ROMERO, J. (2014). Conservation and livelihood outcomes of payment for ecosystem services in the Ecuadorian Andes: What is the potential for 'win-win'?. *Ecosystem Services*, 8: 148-165.

CORDIOLI, M. L. A. (2013). Aplicação de diferentes métodos de valoração econômica do dano ambiental em um estudo de caso da perícia criminal do estado de Santa Catarina (Dissertação de mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, SC, Brasil.

COTRIM, J. (2012). Modelos de valoração econômica de danos ambientais a partir de um estudo de caso. (Dissertação de mestrado). Universidade Federal do Paraná, Curitiba, PR, Brasil.

CUSTÓDIO, V. (2015). A crise hídrica na Região Metropolitana de São Paulo (2014-2015). *GEOUSP: Espaço e Tempo*, 19 (3): 445-463.

DE OLIVEIRA, P. E.; GOMES, A. R.; SANCHES, R. C.; SAAD, A. R. (2008). Análise da evolução da paisagem no entorno da represa dos rios Jaguari e Jacaré, estado de São Paulo, com base em sensoriamento remoto e sig. *Geociências*, 27 (4): 527-539.



DOS SANTOS, F. C. (2015). Análise do método de valoração ambiental utilizado pela Polícia Federal de Minas Gerais nos casos de crimes minerários. (Trabalho de conclusão de curso). Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais, Belo Horizonte, Minas Gerais, Brasil.

DURÃES, M. C. O.; MAIA FILHO, B. P.; BARBOSA, V. V.; DE FIGUEIREDO, F. P. (2017). Caracterização dos impactos ambientais da mineração na bacia hidrográfica do rio São Lamberto, Montes Claros/MG. *Caderno de Ciências Agrárias*, 9 (1): 49- 61.

ELLOVITCH, M. D. F.; VALERA, C. A. (2013). Manual CEAF/COAMA Novo Código

Florestal (Lei n. 12.651/2012), 2013. Revista do Ministério Público do Estado de Minas Gerais. Belo Horizonte: CGB Artes Gráficas.

FAO, 2011. The State of Food Agriculture. FAO, Roma.

FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; TURETTA, A. P. D.; SCHULER, A. E. (2017). Manual para pagamento por serviços ambientais hídricos: seleção de áreas e monitoramento. Embrapa Solos-Livro técnico (INFOTECA-E).

FISHER, B., TURNER, K., ZYLSTRA, M., BROUWER, R., DE GROOT, R., FARBER, S.; JEFFERISS, P. (2008). Ecosystem services and economic theory: integration for policy-relevant research. *Ecological applications*, 18 (8): 2050-2067.

FISHER, B.; KULINDWA, K.; MWANYOKA, I.; TURNER, R. K.; BURGESS, N. D. (2010). Common pool resource management and PES: lessons and constraints for water PES in Tanzania. *Ecological Economics*, 69 (6): 1253-1261.

FRANCESCONI, W.; SRINIVASAN, R.; PÉREZ-MIÑANA, E.; WILLCOCK, S. P.; QUINTERO, M. (2016). Using the Soil and Water Assessment Tool (SWAT) to model ecosystem services: A systematic review. *Journal of Hydrology*, 535: 625-636.

FUNDAÇÃO INSTITUTO DE ADMINISTRAÇÃO (N.D.). (2019). Sistemas produtores. Disponível em: <http://www.fundacaofia.com.br/gdusm/sistemas_produtores.htm>.

GALLI, F. (1996). Valoração de Danos Ambientais – Subsídio para Ação Civil”, Série Divulgação e Informação, 193, Companhia Energética de São Paulo, CESP, São Paulo.

GJORUP, A. F.; FIDALGO, E. C. C.; PRADO, R. B.; SCHULER, A. E. (2016). Análise de procedimentos para seleção de áreas prioritárias em programas de pagamento



por serviços ambientais hídricos. Embrapa Solos-Artigo em periódico indexado (ALICE).

GRIMA, N.; SINGH, S. J.; SMETSCHKA, B.; RINGHOFER, L. (2016). Payment for Ecosystem Services (PES) in Latin America: Analysing the performance of 40 case studies. *Ecosystem Services*, 17: 24-32.

GRIZZETTI, B.; LANZANOVA, D.; LIQUETE, C.; REYNAUD, A.; CARDOSO, A. C. (2016). Assessing water ecosystem services for water resource management. *Environmental Science & Policy*, 61: 194-203.

GUSWA, A. J.; BRAUMAN, K. A.; BROWN, C.; HAMEL, P.; KEELER, B. L.;

SAYRE, S. S. (2014). Ecosystem services: Challenges and opportunities for hydrologic modeling to support decision making. *Water resources research*, 50 (5): 4535-4544.

IBGE - Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. (2019). Disponível em:

<<https://educa.ibge.gov.br/jovens/conheca-o-brasil/populacao/18313-populacao-rural-e-urbana.html>>.

JACOBI, P. R.; CIBIM, J.; LEÃO, R. D. S. (2015). Crise hídrica na Macrometrópole Paulista e respostas da sociedade civil. *Estudos avançados*, 29 (84): 27-42.

KASKANTZIS NETO, G. (2011). Desempenho de modelos de valoração econômica de danos ambientais decorrentes da contaminação do solo: CATES, VCP, HEA, DEPRN. *MPMG Jurídico*.

KEUROGHLIAN, A.; EATON, D. P. (2008). Importance of rare habitats and riparian zones in a tropical forest fragment: preferential use by *Tayassu pecari*, a wide-ranging frugivore. *Journal of Zoology*, 275(3): 283-293.

MARTENSEN, A. C.; PIMENTEL, R. G.; METZGER, J. P. (2008). Relative effects of fragment size and connectivity on bird community in the Atlantic Rain Forest: implications for conservation. *Biological Conservation*, 141 (9): 2184-2192.

MARENGO, J. A.; NOBRE, C. A.; SELUCHI, M. E.; CUARTAS, A.; ALVES, L. M.; MENDIONDO, E. M.; SAMPAIO, G. (2015). A seca e a crise hídrica de 2014-2015 em São Paulo. *Revista USP*, 106: 31-44.

MARINHESKI, V. (2016). Aspectos sobre a erosão pluvial em usos agropecuários. *Revista Espacios*, 37 (5).

MARS. 2018. Disponível em: <http://www.mars-project.eu/>. Acessado em maio, 2019.

Capítulo 4 · O Uso do Solo Próximo à Reservatórios de Abastecimento Hídrico e Suas Implicações com a Prestação por Serviços Ambientais: Uma Abordagem Baseada em Valoração Monetária



55

METZGER, J. P. (2010). O Código Florestal tem base científica. *Natureza & Conservação*, 8 (1), 92-99.

NOGUEIRA, J. M.; DE MEDEIROS, M. A. A.; DE ARRUDA, F. S. T. (2000). Valoração econômica do meio ambiente: ciência ou empiricismo?. *Cadernos de Ciência & Tecnologia*, 17(2): 81-115.

OJEA, E.; MARTIN-ORTEGA, J.; CHIABAI, A. (2012). Defining and classifying ecosystem services for economic valuation: the case of forest water services. *Environmental science & policy*, 19: 1-15.

OLIVEIRA, R. C. (2018). Valoração Econômica de Danos Ambientais em Áreas Contaminadas: Estudo de caso da contaminação mercurial em Descoberto - MG

(Trabalho de conclusão de curso). Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, MG, Brasil.

OLIVEIRA, L. A.; DOS SANTOS, J.; DA SILVA, M. E. F. (2017). Uso e Ocupação do Solo em Áreas de Proteção Permanente de Reservatórios Artificiais. *Diversitas Journal*, 2 (3): 363-376.

PENTEADO, C. L. D. C.; ALMEIDA, D. L.; BENASSI, R. F. (2017). Conflitos hídricos na gestão dos reservatórios Billings e Barra Bonita. *Estudos Avançados*, 31 (89): 299-322.

POLASKY, S.; TALLIS, H.; REYERS, B. (2015). Setting the bar: Standards for ecosystem services. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 112 (24): 7356-7361.

SARDINHA, D. D. S.; GODOY, L. H. (2016). O Crescimento urbano e o impacto nos recursos hídricos superficiais de Uberaba (MG). *Revista Nacional de Gerenciamento de Cidades*, 4 (23): 01-20.

SILVA, A. G. D. (2015). Valoração econômica ambiental em unidades de conservação: um panorama do contexto brasileiro (Dissertação de mestrado). Universidade de São Paulo, São Paulo, SP, Brasil.

SISTEMA CANTAREIRA (N.D.). (2019). Em Wikipedia. Disponível em : <https://pt.wikipedia.org/wiki/Sistema_Cantareira>._Acessado em 02 de maio de 2019.

SOUZA, F. B. D.; MENEZES, C. T. B. D. (2013). Avaliação de metodologias para valoração de recursos naturais e danos ambientais em ecossistemas costeiros:



Estudo de Caso de uma área do Banhado da Palhocinha, Garopaba, Santa Catarina, Brasil. *Revista de Gestão Costeira Integrada*, 13 (2): 215-227.

TAMBOSI, L. R.; VIDAL, M. M.; FERRAZ, S. F. D. B.; METZGER, J. P. (2015). Funções eco-hidrológicas das florestas nativas e o Código Florestal. *Estudos avançados*, 29 (84): 151-162.

WHATELY, M.; HERCOWITZ, M. (2008). Serviços ambientais: conhecer, valorizar e cuidar: subsídios para a proteção dos mananciais de São Paulo.

WUNDER, S. (2015). Revisiting the concept of payments for environmental services. *Ecological Economics*, 117: 234-243.

WUNDER, S. (2005). Payments for environmental services: some nuts and bolts. *CIFOR Occasional Paper*, 42: 1-4.



Capítulo 5

Fernando Periotto; Heloísa Eliete Marques de Oliveira; Ariadne Farias; Alessandro Reinaldo Zabotto

Periotto, F., Oliveira, H. E. M., Farias, A., Zabotto, A. R. 2019. Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo. In: Zabotto, A. R. Estudos Sobre Impactos Ambientais: Uma Abordagem Contemporânea. FEPAF. Botucatu, Brasil. pp. 58-72.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento contínuo e desordenado de áreas urbanizadas promove diversos problemas ambientais com seus agravantes e difícil reversibilidade. Dentre eles, a escassez ou até mesmo a inexistência de uma gestão ambiental proativa, a qual busca

cumprir as leis ambientais vigentes.

Considerando sua fundamental importância, a arborização urbana tem sido alvo de forte atenção em função das vantagens que proporciona às cidades. Essa atividade é caracterizada principalmente pela implantação de árvores de médio e grande porte em praças, parques, nas calçadas de vias públicas, em canteiros centrais e alamedas, com o intuito de trazer para as cidades, mesmo que simbolicamente, um pouco do ambiente natural que possa satisfazer as necessidades mínimas do ser humano (DANTAS; SOUZA, 2004).

São múltiplos os benefícios proporcionados pelas árvores adequadas que se desenvolvem em áreas urbanizadas. Além do valor paisagístico, elas oferecem sombreamento, aumento considerável da umidade do ar e estabilidade climática, reduzindo o consumo elétrico decorrente ao uso de ares condicionados e ventiladores, além de mitigar a poluição sonora e a atmosférica. Ademais, as árvores servem de abrigo e alimento à fauna, promovendo a biodiversidade urbana, protegendo o solo contra erosão e diminuindo os riscos de inundação e das forças dos ventos, trazendo bem-estar psicológico ao homem, dentre outros proveitos (MARTELLI; CARDOSO, 2018).

Para que seja possível aproveitar ao máximo as vantagens oferecidas pela arborização urbana é importante que as árvores estejam sempre saudáveis e que possuam boa coexistência com as vias públicas, calçadas, pedestres, pavimentação, tubulações, sinalização de trânsito, redes elétrica e telefônica, iluminação pública, construções e

58



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

automóveis; por esses fatores é essencial que as ações de plantios sejam bem planejadas e profissionalizadas. De acordo com Milano (1988) e Lima Neto (2011), apesar de sua suma importância, se não houver um projeto bem estruturado e posto em ação, a arborização pode trazer incompatibilidade com o espaço público projetado.

Por outro lado, diversos podem ser os problemas ocasionados pela ausência de um projeto municipal adequado de arborização urbana. Nesse caso, ficarão as vias urbanas com diversos conflitos potenciais de árvores inadequadas versus os equipamentos urbanos instalados, como por exemplo, rompimento de cabos de alta tensão e interrupções no fornecimento de energia elétrica, obstrução de redes de esgoto, redes pluviais e calhas, rachaduras em calçadas e asfaltos, obstáculos para circulação e acidentes envolvendo pedestres, veículos, ciclistas ou edificações. Tais conflitos podem interferir no manejo arbóreo e trazer prejuízos diversos à gestão municipal, pela prática de poda incorreta e erradicação do vegetal, prática onerosa e passível de possíveis acidentes de trabalho.

Para minimizar os impactos causados pela arborização urbana é de importante conhecer a biologia dos vegetais que serão plantados, dando prioridade às espécies

nativas, levando em consideração:

- O(s) bioma(s) em que o município está inserido;
- As condições de solo;
- Tolerância à poluentes;
- Odores das espécies;
- Tempo de crescimento e forma de desenvolvimento;
- Ciclo de vida;
- Porte das espécies;
- Tamanho dos frutos, tendo em mente a época e duração do florescimento e

frutificação dentre outros aspectos (SCANAVACA JUNIOR; CORRÊA, 2014). Ou seja, a implantação de árvores nas cidades requer estudos aprofundados por especialistas, respeitando sempre os critérios já abordados, os cuidados e os manejos arbóreos.

2. CUIDADOS E IMPORTÂNCIAS

Diversos cuidados devem ser levados em conta a respeito da arborização urbana, sendo indispensável estudar as características morfológicas da planta a ser utilizada em plantios executados no perímetro urbano. Como exemplo, podemos citar o formato, a

59



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

altura da copa e características de folhas, flores e frutos de cada espécie em idade adulta. Tais observações devem associadas às relações harmoniosas entre plantas e outros indivíduos vivos, pois devem ser evitados, de acordo com Mascaró (2005), plantas que produzam flores e frutos tóxicos ou alérgicos aos cidadãos ou à polinizadores da fauna urbana.

Martelli e Cardoso (2018) relatam que as árvores proporcionam diversos benefícios aos ambientes construídos, tais como: a melhoria da qualidade do ar e das ilhas de calor, redução dos custos com refrigeração artificial, valorização econômica de imóveis, estética e redução de ruídos provenientes das mais diversas fontes urbanas, desenvolvimento cognitivo de crianças, além do alívio ao estresse, um fenômeno comum na sociedade moderna.

De modo geral, observa-se que os locais arborizados com planejamento proporcionam bem-estar e são agradáveis aos sentidos humanos, uma vez que reduzem a amplitude térmica, diminuem o potencial de temperaturas extremas, controlam a velocidade dos ventos, promovem proteção à radiação solar direta, contribuem para a redução da poluição atmosférica, sonora e visual.

Nesse contexto, Gonçalves et al. (2018) afirmam que as “(...) florestas urbanas constituem um pré-requisito para um ambiente urbano saudável, essencial para a

harmonia entre o ser humano e os ambientes nos quais ele está inserido”. Os autores ainda relatam que, “(...) a avaliação das várias formas de áreas verdes urbanas e sua acessibilidade representam uma das maiores preocupações para a infraestrutura pública”, e está “diretamente relacionada à qualidade de vida, desenvolvimento social e outros componentes chave do bem-estar humano” (IBID, 2018).

Os espaços verdes são elementos que compõem a eficácia da qualidade ambiental, como, por exemplo, as praças e os parques urbanos, que se constituem em áreas de lazer para a população, compostas por vegetação arbórea e arbustiva, com solo permeável que, livre de edificações e de obstáculos, permitem que as águas das chuvas infiltrem no solo e reabasteçam lençóis freáticos e aquíferos, completando o ciclo hidrológico na sua fase subterrânea.

As árvores são fundamentais para o equilíbrio ecológico dos ecossistemas e para a manutenção da vida na Terra, pois desempenham serviços ecossistêmicos vitais para os demais seres vivos, além de dispor inúmeros benefícios à saúde humana e às atividades antrópicas, tais como: fortalecimento do conforto térmico, diminuição da utilização de climatização artificial e, conseqüentemente, menor utilização de energia elétrica;

60



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

absorção dos ruídos causados pelas atividades industriais; remoção do oxigênio do ar e diminuição da poluição atmosférica; compõem a estética da paisagem; têm a capacidade de potencializar a biodiversidade, como, por exemplo, podem atrair alguns animais como pássaros, insetos e roedores responsáveis pela manutenção da polinização e dispersão de sementes; diminuem os riscos de inundações; propiciam efeitos positivos à saúde humana, o que melhora a qualidade de vida nas áreas vegetadas; dentre outras vantagens que serão apresentadas na sequência (GONÇALVES, 2018).

Além disso, é necessário dar atenção às informações como dimensões mínimas das covas de plantio, preparo do solo, distanciamento entre as plantas, entre outros importantes detalhes. Recomenda-se que a cova possua dimensões mínimas, por exemplo, de 0,60 m x 0,60 m x 0,60 m. Dependendo do tamanho da calçada, porte da muda e tipo de solo, a cova deve abrigar com folga o torrão e ser centralizada em sua faixa permeável.

É crucial a utilização de tutores, guias e proteções após o plantio das mudas, estes servirão de proteção e suporte para o desenvolvimento ereto do vegetal e, ainda, auxiliarão na sustentação da copa em dias de forte chuva e vento. O tutor deve ser amarrado com amarrilho de barbante, rente ao caule da muda, sem prejudicá-la. Sendo que a ação de plantio deve ser efetuada de preferência em períodos chuvosos, pois desta forma, a planta sofrerá menor impacto negativo relacionado a estiagens.

Como medida mitigadora dos fatores negativos que envolvem o processo de urbanização, destaca-se a arborização urbana. Diante dos vários benefícios proporcionados pela presença da vegetação no ambiente urbano construído, dois exemplos que influenciam diretamente no clima urbano são comumente citados pela literatura especializada: a interceptação da luz do sol e da energia solar pela estrutura das árvores. Com isso, o calor é consumido por meio do fenômeno de evapotranspiração e o fornecimento de sombra proporcionado pelas suas copas extensas e elevadas, diminui a amplitude térmica local (MATELLI; CARDOSO, 2018).

Martelli e Cardoso (2018) mencionam ainda, o estudo realizado por Roppa et al. (2007), que retratou algumas vantagens apontadas pela população pesquisada: “nota-se que a maioria observa os benefícios da arborização urbana na melhoria da qualidade do microclima urbano, onde 83,1% apontaram como vantagem à produção de sombra e 49,2% evidenciaram a redução do calor”.

61



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

A redução da amplitude térmica nas áreas vegetadas já foi constatada pelos pesquisadores dedicados aos estudos do clima. Conforme demonstra a imagem da Figura 1, ao analisar o perfil do fenômeno conhecido como “ilha de calor urbana”, é possível observar uma redução de aproximadamente 3,5°C no espaço rural e nas áreas periféricas da cidade em relação ao centro urbano, onde ocorrem as maiores intervenções humanas no ambiente natural.

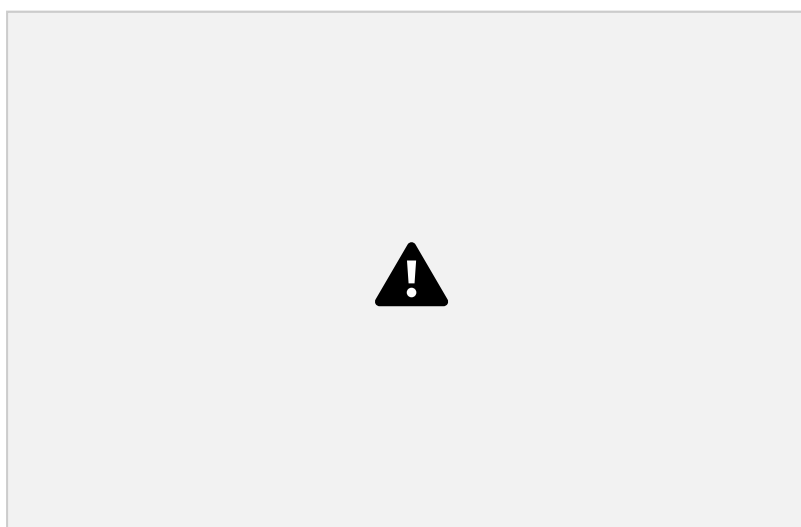


Figura 1. Representação do perfil da ilha de calor urbana

Fonte: EPA (2014).

Outro estudo de caso foi desenvolvido por Martelli e Santos Jr. (2015), que verificaram a temperatura e umidade do ar em três áreas do município de Itapira, SP, sendo que a área 1 era composta por árvores isoladas; área 2 desprovida de arborização,

e área 3 bem arborizada, constituída por um fragmento denso de copa arbórea. A pesquisa apresentou os seguintes resultados da temperatura medida em graus Celsius (°C):

(...) na área 1, a média apresentada foi de 32,0 °C, enquanto que na área 2, desprovida de arborização, apresentou uma temperatura média de 33,9 °C. Na área 3, região bem arborizada com árvores de médio e grande porte, a temperatura apresentou uma média de 28,6 °C, diferença de 5,3 °C entre a área sem arborização em relação à área bem arborizada.

De acordo com Martelli e Santos Jr. (2015), os dados foram coletados no mês de setembro de 2014, período este caracterizado como a pior seca dos últimos 70 anos do

62



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

interior de São Paulo. Para a umidade do ar, nota-se que a área com arborização (área 3) manteve a umidade sempre abaixo em relação às áreas 1 e 2. As médias de valores referente à umidade relativa do ar na área 1 foi de 26,5%, área 2, 24,8% e, na área 3, a média ficou em 35,4%, demonstrando como essa vegetação favorece um microclima agradável.

Estudos demonstram que as temperaturas nos centros urbanos são mais elevadas em relação às áreas rurais, devido ao fenômeno ilustrado na Figura 1, também conhecido como “ilha de calor”. Em virtude das alterações nas condições climáticas provocadas pela urbanização, as temperaturas têm aumentado em média entre 1,1°C e 2,2°C nos últimos 40 anos (MASCARÓ, 2008). Segundo Kazová et al. (2016), o processo de urbanização e as conseqüentes modificações no uso e ocupação do solo, a remoção da vegetação, a pavimentação de ruas e avenidas são apontadas como as principais causas da formação das ilhas de calor.

O ambiente urbano é fortemente alterado por meio dos padrões contemporâneos das edificações e da impermeabilização do solo, que restringem os espaços antes destinados às áreas verdes. Estas restrições limitam a utilização de algumas árvores na floresta urbana, devido ao seu porte, morfologia, tipologia da raiz etc., além de limitar também a diversidade (quantidade) de espécies.

Na obra de Monteiro e Mendonça (2003), a vegetação é destacada enquanto “fator climático”, por desempenhar fundamental importância no espaço urbano. A vegetação auxilia na qualidade do ar por fixar poluentes e reduzir número de microrganismos nocivos à saúde humana, recicla os gases atmosféricos através da fotossíntese e aumenta a permeabilidade do solo por meio das raízes das plantas. Devido a essas e outras funções, o autor argumenta que os espaços verdes como parques, jardins e alamedas são

indispensáveis nos projetos arquitetônicos e obras de planejamento.

Há uma preocupação por parte dos pesquisadores e projetistas para que haja preservação, recuperação e criação de espaços verdes urbanos, como praças, jardins nos bairros, bosques e parques, uma vez que esses espaços são fundamentais para a saúde ambiental e, conseqüentemente, para a qualidade de vida da população. Nessa perspectiva, se propõe a abordagem acerca da infraestrutura sustentável, também conhecida como infraestrutura verde.



2.2 Infraestrutura verde

Em face aos problemas socioambientais decorrentes do processo de urbanização, um dos principais desafios para os gestores públicos refere-se às questões relativas à conservação da natureza, de modo a contemplar soluções técnicas que contribuam para a qualidade ambiental das cidades. Quando se trata do planejamento urbano, Herzog (2013) afirma que é preciso “ir do cinza para o verde”, ou seja, antes de selecionar as técnicas e os materiais que serão utilizados nos projetos e obras de urbanização, é imprescindível procurar novas soluções que levem a construção de “cidades inteligentes”, voltadas para o bem-estar das pessoas.

Nas últimas décadas, algumas alternativas têm sido adotadas como projetos-piloto pelos órgãos gestores e demonstram ser bastante eficazes, como, por exemplo, projetos urbanísticos e obras com base na infraestrutura verde, estruturas capazes de desempenhar funções ecológicas e sociais para a manutenção e equilíbrio da paisagem urbana construída. A infraestrutura verde busca trazer soluções urbanas para “renaturalizar” as cidades, priorizando a utilização de tecnologias sustentáveis, a manutenção e a recuperação das áreas verdes (FARIAS et al. 2018).

Enquanto formas vegetais características da paisagem urbana, as árvores e a infraestrutura urbana se inter-relacionam, principalmente, quando se tem a premissa da sustentabilidade inserida no planejamento e nas práticas de gestão urbana. Farias et al. (2018), destacam que as árvores são fundamentais, pois controlam a radiação solar, fornecem sombra, reduzem o consumo de energia em épocas quentes, amenizam a poluição do ar, previnem erosões, assoreamento dos rios e ainda auxiliam na infiltração das águas da chuva.

A infraestrutura urbana pode ser aplicada em diferentes escalas, como particular, local, estadual, regional ou nacional. As intervenções de escala particular referem-se, por

exemplo, às edificações e aos seus jardins e quintais. Nesse caso, podem ser utilizados tetos, paredes e muros verdes. No caso dos telhados verdes, são vastas as contribuições sustentáveis, pois “absorvem água das chuvas, reduzem o efeito da ilha de calor urbano, contribuem para a eficiência energética das edificações, criam hábitat para vida silvestre e, de fato, estendem a vida da impermeabilização do telhado” (CORMIER; PELLEGRINO, 2008).

Na escala local, as alternativas utilizadas são os *greenways* ou as práticas que contribuem para a melhor gestão das águas pluviais, como os jardins de chuva, canteiros

64



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

pluviais, pavimentação permeável etc. Os *greenways* são utilizados para conectar parques já existentes. Dessa forma, são espaços lineares para caminhadas, ciclismo etc., estabelecidos ao longo de um corredor natural ligando parques, reservas naturais, dentre outros locais (FARIAS et al. 2018; VASCONCELLOS, 2011).

Benedict e McMahon (2006 *apud* VASCONCELLOS, 2011) definem *greenways* como os espaços livres lineares, estabelecidos ao longo de um corredor natural, que pode ser utilizado pela população urbana para caminhadas, ciclismo etc., e para outros usos recreativos que conecta parques, reservas naturais, locais culturais e/ou históricos.

Ao se considerar as escalas estadual, regional ou nacional, a proposta é que sejam implementados corredores de vegetação na paisagem e/ou áreas verdes para conservar e proteger o habitat dos animais. Nesse caso, a infraestrutura verde pode ser conectada com os ecossistemas e as paisagens pelo sistema de *hubs* e *links*. Os *hubs* proporcionam espaços para as plantas nativas e comunidades de animais e podem ser grandes reservas ou áreas de proteção, como refúgios nacionais de vida silvestre ou parques estaduais. *Links* são as ligações da paisagem (*landscape linkages*), que conectam parques, reservas e áreas naturais existentes. Esse sistema permite que plantas e animais se reproduzam e funcionam ainda como corredores, conectando ecossistemas e paisagens (FARIAS et al., 2018; VASCONCELLOS, 2011).

Segundo Herzog (2013), as paisagens urbanas são essenciais para a qualidade de vida, onde anteriormente a paisagem era cinza com concreto e asfalto, agora é necessário trazer o verde e, conseqüentemente, garantir condições para a manutenção da saúde da população e a conservação dos recursos naturais no espaço urbano. A autora também ressalta a importância da elaboração e implementação de políticas públicas voltadas à manutenção de paisagens urbanas de alto desempenho, ou seja, de áreas verdes com função de diminuir enchentes, deslizamentos, contaminação das águas, dentre outros problemas. Para tanto, os aspectos sociais e ambientais precisam ser rigorosamente observados, optando-se por práticas que visem manter ou recuperar as funções ecológicas dos ecossistemas locais e que contribuam para a melhoria da qualidade dos

serviços urbanos disponibilizados à população.

Para o bom desempenho da arborização urbana e de todos os aspectos que envolvem a implantação da infraestrutura verde, são necessárias manutenções periódicas como medidas de prevenção para evitar, por exemplo, que as árvores alcancem a fiação elétrica, o que poderia causar sérios transtornos, além de representar perigo às pessoas que circulam pelas vias públicas. Nesse contexto, Martelli e Cardoso (2018) afirmam que é

65



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

preciso ter prévio conhecimento sobre as espécies plantadas para evitar que no futuro ocorram problemas com o crescimento horizontal das raízes que podem quebrar calçadas, causar danos no sistema de drenagem (meio-fio, sarjetas, obstrução de galerias etc.), ou mesmo, a queda de galhos sobre carros e pessoas.

Portanto, ressalta-se que o conhecimento técnico deve ser considerado em todas as etapas do planejamento urbano, especialmente, na elaboração do Plano Municipal de Arborização Urbana, um documento fundamental para garantir que as espécies vegetais desenvolvam suas funções ecológicas nas cidades sem causar riscos à população e, também, para diminuir os possíveis conflitos com os sistemas urbanos de infraestrutura. Na sequência, são indicados alguns cuidados que devem ser considerados no planejamento e na gestão da arborização urbana em relação às calçadas e à rede elétrica, especialmente quando suspensa.

2.3 Largura da calçada

Dentre os critérios a serem avaliados, a largura da calçada (Figura 2) possui grande relevância para analisar o tipo de árvore ou arbusto que será plantado na via pública. De acordo com as Normas Brasileira ABNT NBR 9050:2004, a largura mínima para receber o plantio de uma árvore, dita que.

“Calçadas, passeios e vias exclusivas de pedestres devem incorporar faixa livre com largura mínima recomendável de 1,50 m, sendo o mínimo admissível de 1,20 m e altura livre mínima de 2,10 m”.

Dessa forma é recomendável que a abertura do canteiro siga a medida de 0,60 m X 0,60 m, além disso, é considerada a espessura da guia de 0,10 m e por fim, a largura mínima de passeio para pedestres de 1,20 m, respeitando a norma. Sendo assim, recomenda-se o plantio de árvores em calçadas com largura mínima de 1,90 m.



Figura 2. Representação de dimensões adequadas de calçada coexistindo com a arborização urbana

Fonte: Wieland et al. (2014).

Adicionalmente é de suma importância o estudo detalhado do município como um todo, pois, através de pesquisas planejadas há possibilidade de identificar os locais apropriados, os impróprios e os que mais necessitam de arborização. Ao conhecer os pormenores das áreas de plantio e suas limitações através de identificação da vegetação ou das árvores já existentes, das dimensões das vias, comportamento do tráfego, localização das redes elétrica, água, esgoto e tamanho de calçadas, por exemplo, as melhores escolhas de implantação da arborização urbana são elucidadas.

2.4 Rede elétrica

Após analisar a largura da calçada, segue o importante diagnóstico quanto a presença de redes elétricas suspensas. Conflitos entre árvores e redes elétricas suspensas são comuns no meio urbano, e tais interferências podem ser resolvidas através da poda ou então através da escolha adequada de mudas em momentos anteriores aos plantios.

Uma das dificuldades em harmonizar a arborização com os componentes urbanos na atualidade, principalmente com a questão do cabeamento da rede elétrica é a falta de

planejamento com o porte da árvore a ser escolhida para o local de plantio.

A má escolha da espécie vegetal (Figura 3) pode potencializar a ocorrência de perigosos acidentes aos munícipes que utilizam as vias de acesso de pedestres ou ciclovias, mesmo quando os equipamentos são os de baixas tensões. Além disso, prejuízos significativos podem ocorrer quando, por exemplo, árvores de grande porte ou mesmo galhos, em momentos de tempestades ou ventanias tombam sobre essas redes.

67



Capítulo 5 · Arborização Urbana: Características, Funções e Manejo

Assim sendo, através de um planejamento adequado, quando ocorrerem redes elétricas, as árvores a serem plantadas para coexistirem com elas, necessariamente devem ser de médio ou pequeno porte, evitando, inclusive, futuros e onerosos gastos por necessidade de frequentes podas pelo poder público.

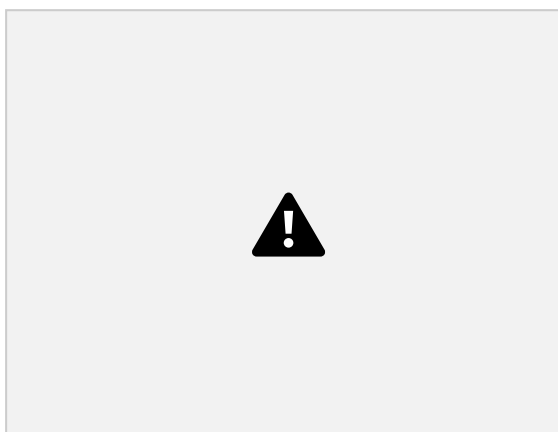


Figura 3. Má escolha de árvore e conflito com rede elétrica

Fonte: Purcell (2015).

3. MANEJO E REMOÇÃO

A presença do meio natural se faz importante para a evolução do ser humano devido à sua existência, em grande parte, em áreas rurais. Ou seja, a realidade das sociedades em escala geológica, vivendo em áreas urbanizadas é extremamente recente.

Áreas verdes estimulam positivamente o psicológico das pessoas devido a fatores múltiplos como sons de aves, de insetos e do vento resvalando em folhagens, cores diversas das floradas, presença de odores e formatos de frutos e flores que são atrativos ao olfato e a visão, apreciação de frutos comestíveis, presença de aves, borboletas e outros seres que instigam a observação humana e possibilidade de momentos educativos.

Dentre outros fatores, a vegetação bem planejada em centros urbanos, certamente favorece a qualidade de vida de seus moradores. Por outro lado, árvores que interferem negativamente em equipamentos e edificações urbanas podem trazer riscos à segurança pública e prejuízos diversos. Por esse motivo, se faz importante o manejo adequado

através de podas ou então a remoção de árvores e arbustos problemáticos, sempre idealizando uma equipe bem treinada para tal atividade.



3.1 Poda

A poda adequada de árvores, arbustos e demais elementos de jardinagem em áreas urbanas é extremamente necessária. Esse tipo de manejo consiste no corte de galhos em função de diversos fatores, como por exemplo, por interferências da copa em redes de energia elétrica e telefônica, controle fitossanitário, obstrução das sinalizações de trânsito, interrupção de passagens de carros em avenidas, dentre outros. A poda deve ser feita por pessoal treinado, de maneira correta para preservar as condições vitais da espécie e seus benefícios ambientais.

De acordo com o Manual Técnico de Poda de Árvores (2012), as árvores quando corretamente manejadas, particularmente enquanto jovens, apresentarão menor demanda de podas em suas fases adultas. Ademais, a informação do local correto para o recebimento do corte é de extrema importância para que ocorra a resposta de cicatrização e fechamento da lesão das plantas, evitando que o tecido da árvore permaneça danificado ou tenha que ser removido.

Em relação ao manejo de poda é de responsabilidade do Órgão Público Municipal Ambiental conscientizar a população sobre a importância da realização de um manejo correto e colaborar na capacitação de funcionários ou de todas as pessoas que praticam profissionalmente a poda na cidade, a fim de executar esta atividade com eficiência, segurança e qualidade.

3.2 Substituição

Cada espécie de árvore possui ciclo de vida distinto, fator este que deve ser considerado na escolha da muda a ser plantada. A fim de manter a estética, a saúde ambiental e a segurança pública, as árvores substituídas são as que apresentam problemas fitossanitários, mortas ou aquelas que estão ocasionando algum tipo de prejuízo ou risco ao patrimônio público ou privado.

Para que a qualidade ambiental proporcionada pelas árvores seja realidade, recomenda-se o plantio de novas mudas, com atenção à diversidade da flora local, sem claro, descartar as importâncias de elementos exóticos nessa prática.

Quando a supressão for alternativa final ou única, medidas de compensação devem ser observadas, de modo que a legislação ambiental vigente, especialmente de esferas

estadual ou municipal sejam respeitadas. As ações desse viés sempre devem partir do órgão municipal competente, o qual necessita de um corpo técnico-profissional inserido na área de formação ambiental.



REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT - Associação Brasileira de Normas Técnicas. (2004). *Acessibilidade a edificações, mobiliário, espaços e equipamentos urbanos*. Rio de Janeiro, RJ.
- BRASIL. (2008). Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica. *Legislação Ambiental Básica / Ministério do Meio Ambiente. Consultoria Jurídica*. Brasília: Ministério do Meio Ambiente, UNESCO.
- CABRAL, P. I. D. (2013). Arborização urbana: problemas e benefícios. *Revista Especialize On-line IPOG*, 1(6): 01-15.
- CORMIER, N. S.; PELLEGRINO, P. R. M. (2008). Infraestrutura verde: uma estratégia paisagística para a água urbana. *Paisagem Ambiente: ensaios*, São Paulo, 25: 125-142. Disponível em: <<http://www.espiral.fau.usp.br/arquivos-artigos/2008-Nate&Paulo.pdf>>. Acesso em 08 de novembro de 2015.
- DANTAS, I. C.; SOUZA, C. M. C. (2004). Arborização urbana na cidade de Campina Grande-PB: Inventário e suas espécies. *Revista de Biologia e Ciências da Terra*, 4 (2).
- EPA - United State Environmental Protection Agency. (1992). *Cooling Our Communities: a Guidebook on Tree Planting and Light-Colored Surfacing*. Washington: EPA. 22p.
- EPA - United State Environmental Protection Agency. (2014). *Smart Growth and Urban Heat Islands*. Washington: EPA. Disponível em: <<https://www.epa.gov/sites/production/files/201406/documents/smartgrowthheatislands.pdf>>. Acesso em 10 de maio de 2019.
- FARIAS, A. S. de. (2018). Infraestrutura urbana sustentável: conceitos e aplicações sob a perspectiva do arquiteto e urbanista. *Cadernos de Arquitetura e Urbanismo*, 2 (36):164-205.
- GONÇALVES, L. M. et al. (2018). Arborização Urbana: a Importância do seu Planejamento para Qualidade de Vida nas Cidades. *Ensaio e Ciência: Ciências Biológicas, Agrárias e da Saúde*, 22 (2): 128-136.
- HERZOG, C. P. (2013). *Cidades para todos: (re) aprendendo a conviver com a natureza*. 1. ed. Rio de Janeiro: Mauad X: Inverde.
- JACK-SCOTT, E. et al. (2013). Stewardship success: how community group dynamics affect urban street tree survival and growth. *Arboriculture and Urban Forestry*,

