

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável

Beatriz Fernandes Barros

**INDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL DE UMA ÁREA DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE URBANA COM AFLORAMENTOS DE ÁGUA:  
Parque Américo Rennée Giannetti**



Belo Horizonte  
2021

Beatriz Fernandes Barros

**INDICADORES DA QUALIDADE AMBIENTAL DE UMA ÁREA DE  
PRESERVAÇÃO PERMANENTE URBANA COM AFLORAMENTOS DE ÁGUA:  
Parque Américo Renné Giannetti**

Dissertação apresentada ao Programa de pós-graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Escola de Arquitetura da Universidade Federal de Minas Gerais como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável.

Linha de Pesquisa: Paisagem e Ambiente

Orientador: Prof. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi

Belo Horizonte  
2021

### FICHA CATALOGRÁFICA

B277i Barros, Beatriz Fernandes.  
Indicadores da qualidade ambiental de uma Área de Preservação Permanente com afloramentos de água [manuscrito] : Parque Américo Rennée Giannetti / Beatriz Fernandes Barros. - 2021.  
103f. : il.

Orientadora: Maria Rita Scotti Muzzi Marques Leitão.

Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Minas Gerais, Escola de Arquitetura.

1. Parques – Teses. 3. Impacto ambiental – Teses. 3. Águas pluviais – Teses. 4. Solos – Permeabilidade – Teses. I. Leitão, Maria Rita Scotti Muzzi Marques. II. Universidade Federal de Minas Gerais. Escola de Arquitetura. III. Título.

CDD 712.5



UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS  
ESCOLA DE ARQUITETURA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM  
AMBIENTE CONSTRUÍDO E PATRIMÔNIO SUSTENTÁVEL

## FOLHA DE APROVAÇÃO

**"Indicadores da qualidade ambiental de uma área de preservação permanente urbana com afloramentos de água – Parque Américo Rennè Giannetti"**

**BEATRIZ FERNANDES BARROS**

Dissertação de Mestrado defendida e aprovada, no dia **vinte e seis de outubro de dois mil e vinte e um**, pela Banca Examinadora designada pelo Programa de Pós-Graduação em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável da Universidade Federal de Minas Gerais constituída pelos seguintes professores:

**Profa. Dra. Gisela Barcellos de Souza**

Escola de Arquitetura/UFMG

**Profa. Dra. Eleonora Sad de Assis**

Escola de Arquitetura/UFMG

**Profa. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi Marques Leitão** - Orientadora

PPG-ACPS/UFMG

Belo Horizonte, 26 de outubro de 2021.



Documento assinado eletronicamente por **Eleonora Sad de Assis, Professora do Magistério Superior**, em 10/12/2021, às 18:39, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Gisela Barcellos de Souza, Professora do Magistério Superior**, em 03/01/2022, às 11:18, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



Documento assinado eletronicamente por **Maria Rita Scotti Muzzi Marques Leitao, Professora do Magistério Superior**, em 28/05/2022, às 21:09, conforme horário oficial de Brasília, com fundamento no art. 5º do [Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020](#).



A autenticidade deste documento pode ser conferida no site

[https://sei.ufmg.br/sei/controlador\\_externo.php?](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0)

[acao=documento\\_conferir&id\\_orgao\\_acesso\\_externo=0](https://sei.ufmg.br/sei/controlador_externo.php?acao=documento_conferir&id_orgao_acesso_externo=0), informando o código verificador **1142314** e

o código CRC **6AC28CF9**.

---

*Este trabalho é dedicado à minha mãe Laiz, que partiu há um ano e parece que foi ontem; todo o seu amor pela natureza vou guardar comigo para sempre. Também dedico ao meu sobrinho Calvin, que partiu tão cedo e não deu tempo de lhe mostrar as belezas naturais deste mundo!*

## **AGRADECIMENTOS**

Sempre me sentirei grata à querida prof. Dra. Maria Rita Scotti Muzzi por toda sua assistência, conhecimento e generosidade para tornar esta pesquisa cientificamente sólida. Sem sua orientação, flexibilidade e paciência eu não teria tido ânimo em plena pandemia, após o falecimento de minha mãe. Aprendi muito, e seu apoio, conhecimento profundo e entusiasmo contínuos me fizeram impulsionar e me apaixonar pelo tema cada vez mais ao longo da pesquisa. Agradeço também ao grupo Gera, da Dra. Maria Rita, por todo o apoio técnico, à Driene, Sara, Ana Beatriz, e ainda ao Deivid, por terem me ajudado em momentos decisivos na coleta de dados em campo e no Laboratório de Botânica. Às gerentes do Parque Municipal, Tatiani e Andréa, que me proporcionaram todo o acesso ao parque, mesmo fechado durante a pandemia, e às informações cruciais para o andamento do estudo. E, finalmente, agradeço ao meu parceiro de vida Rubim por ter sido o mais solidário, tolerante e bondoso neste percurso. Sem seu amor e comprometimento quando me acidentei na pesquisa de campo, teria sido muito mais difícil. A todos que, de certa forma, contribuíram para que este projeto se tornasse uma pesquisa robusta o meu mais louvável agradecimento.

*“Diante de nós está o último reduto da natureza onde ainda é possível viver aventuras e descobrir segredos. E, quem sabe, talvez um dia sejamos capazes de decifrar a língua das árvores e elas nos contem histórias incríveis”.*

(WOHLLEBEN, P., 2017, p.216)

## RESUMO

A análise de indicadores de qualidade ambiental de uma Área de Preservação Permanente (APP) urbana procura elucidar como o Parque Américo Renné Giannetti se insere na valorização do patrimônio natural e construído no centro de Belo Horizonte. Esta pesquisa apresenta dados fundamentados da importância de se preservar uma área rica em afloramentos de água em um território densamente edificado. A impermeabilização excessiva do solo no entorno do parque o torna quase como um oásis em meio a tantos edifícios. A canalização dos cursos d'água e o aterramento de nascentes na área edificada ao redor do parque vêm determinando sérios problemas de inundação em áreas urbanas. Razão pela qual é importante conhecer quais padrões de serviços ecossistêmicos podem ser usados como indicadores de qualidade ambiental relacionados ao solo e ao ciclo hídrico em ambiente urbano como no parque e seu entorno. Como indicadores dos serviços ecossistêmicos do status funcional foram utilizados os seguintes parâmetros: conteúdo de água, água retida no solo ou potencial mátrico, fertilidade do solo, análise textural assim como a umidade e temperatura atmosféricas do Parque Américo Renné Giannetti em comparação à área impermeabilizada do estacionamento da Escola de Medicina da UFMG que alberga indivíduos arbóreos do gênero *Ficus*, e o entorno da Escola Pedro II vegetada com espécies de gramíneas, as quais se encontram na várzea e área de inundação do Ribeirão Arrudas. Os resultados obtidos confirmam que os solos do Parque e do estacionamento da Medicina apresentam elevado conteúdo de água e potencial mátrico de retenção de água no solo durante todo ano, independentemente das estações de chuva e seca contrastando com os baixos teores registrados na área controle sem vegetação arbórea da escola Pedro II. Como os solos das 3 áreas apresentaram as mesmas características texturais, esta diferença não pode ser atribuída a estrutura porosa do solo, mas à presença da vegetação arbórea. Porém, a umidade atmosférica foi significativamente reduzida onde houve maior impermeabilização como na medicina, sugerindo a importância da evaporação do solo para este efeito. Em relação à temperatura atmosférica, a área mais aberta, sem vedação ao vento como a área controle, apresentaram temperaturas menores em ambas as estações. O elevado conteúdo de água no solo parece estar relacionado com a vegetação arbórea de ambas as áreas. Esta vegetação assegura a manutenção do lençol freático e a emergência das nascentes, desempenhando o papel de uma floresta riparia no controle das inundações. O conhecimento adquirido com essa pesquisa e os parâmetros analisados podem servir para avaliar o grau de preservação dos serviços ecossistêmicos ao longo do tempo e auxiliar no controle de inundações.

**Palavras-chave:** Afloramentos de água; Serviços ecossistêmicos; Vulnerabilidade.

## ABSTRACT

The analysis of environmental quality indicators of an urban Permanent Preservation Area (APP) seeks to elucidate how the Américo Renné Giannetti park is inserted in the valorization of the natural heritage and built in the center of Belo Horizonte. This research presents substantiated data on the importance of preserving an area rich in water outcrops in a densely built territory. The excessive waterproofing of the soil around the park makes it almost like an oasis amidst so many buildings. The canalization of water courses and the filling of springs in the built-up area around the park have been causing serious flooding problems in urban areas. Therefore, it is important to know which ecosystem service standards can be used as indicators of environmental quality related to the soil and water cycle in an urban environment such as the park and its surroundings. As indicators of ecosystem services of functional status, the following parameters were used: water content, water retained in the soil or matric potential, soil fertility, textural analysis as well as atmospheric humidity and temperature of Parque Américo Renné Giannetti compared to the impermeable area the parking lot of the UFMG School of Medicine that houses arboreal individuals of the genus *Ficus*, and the surroundings of Escola Pedro II vegetated with grass species, which are found in the floodplain and flooding area of Arrudas stream. The results obtained confirm that the soils of the park and parking area of Medicine have high water content and matric potential for retaining water in the soil throughout the year, regardless of the rainy and dry seasons, in contrast to the low levels recorded in the control area without arboreal vegetation at the Pedro II school. As the soils of the 3 areas had the same textural characteristics, this difference cannot be attributed to the porous structure of the soil, but to the presence of arboreal vegetation. However, atmospheric humidity was significantly reduced where there was greater waterproofing as in medicine, suggesting the importance of soil evaporation for this purpose. In relation to atmospheric temperature, the more open area, without wind sealing as the control area, showed lower temperatures in both seasons. The high soil water content seems to be related to the arboreal vegetation of both areas. This vegetation ensures the maintenance of the water table and the emergence of springs, playing the role of a riparian forest in flood control. The knowledge gained from this research and the parameters analyzed can and do serve to assess the degree of preservation of ecosystem services over time and assist in flood control.

**Keywords:** Water outcrops; Ecosystem services; Vulnerability.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Planta original do Parque à esquerda, transformação e situação atual ...	19
Figura 2 – Localização de parques urbanos em Belo Horizonte com matas .....	20
Figura 3 – Continuum solo-planta-atmosfera mostrando o movimento da água, do solo e das plantas para a atmosfera e seu retorno para o solo.....	26
Figura 4 – Espaços angulares em meios porosos naturais .....	28
Figura 5 – Curva de liberação ideal de água no solo .....	29
Figura 6 – Serviços ecossistêmicos da floresta urbana .....	31
Figura 7 – Plano traçado da capital (por Aarão Reis), zona urbana em amarelo, zona suburbana em verde, e nas bordas do perímetro a zona rural.....	34
Figura 8 – Planta cadastral do antigo arraial Curral Del Rei sobreposta à planta da nova capital, onde se vê a área do parque e desconsidera-se o traçado urbano que já existia .....	35
Figura 9 – Contraposição do traçado da zona planejada e o traçado sanitário proposto por Saturnino de Brito. O Parque Municipal Américo Renné Giannetti já constava na planta.....	38
Figura 10 – Evolução urbana e Rede Hidrográfica de Belo Horizonte .....	40
Figura 11 – Várzea do Arrudas. Parte do trajeto do córrego Acaba Mundo passando pelo Parque Américo Renné Giannetti (seta vermelha) e desaguando no ribeirão Arrudas. Ao lado (seta verde) Escola de Medicina da UFMG .....	42
Figura 12 – Cascata artificial do Córrego do Acaba Mundo dentro do PMARG	43
Figura 13 – Planta geodésica da nova capital, de 1895 .....	47
Figura 14 – No detalhe as três nascentes na área original do parque, hoje no entorno	48
Figura 15 – Diversas árvores do gênero Ficus na Avenida Afonso Pena em 1930 ...	50
Figura 16 – Área de inundação do ribeirão Arrudas (parque Américo Renné Giannetti no detalhe da seta verde e na imagem aumentada) .....	52
Figura 17 – Contraposição das superfícies da área do parque em 1938 e as formações vegetais no início da implantação do sistema antrópico .....	54

Figura 18 – Contraposição das superfícies da área do Parque Municipal Américo Renné Giannetti em 2014 e as formações vegetais no início da implantação do sistema antrópico .....	55
Figura 19 – Área do parque e seus pontos de coleta devidamente enumerados nos transectos.....	58
Figura 20 – Pontos de coleta na Faculdade de Medicina .....	59
Figura 21 – Pontos de coleta na área controle (Escola Pedro II) .....	60
Figura 22 – Tensiômetro em campo para medir a água retida no solo para as plantas	61
Figura 23 – Tensiômetro instalado no solo em profundidades de 30, 40 e 45 cm .....	62
Figura 24 – Conteúdo de água do solo (%) na estação seca (A) e chuvosa (B).....	65
Figura 25 – Análise comparativa do conteúdo de água do solo (%) entre áreas estudadas.....	66
Figura 26 – Potencial de retenção de água do solo (kPa) na estação seca (A) e chuvosa (B).....	67
Figura 27 – Análise comparativa do potencial de água do solo (kPa) entre sítios .....	69
Figura 28 – Indicação de ressurgência de água no transecto 3.....	70
Figura 29 – Umidade do ar (%) na estação seca (A) e chuvosa (B).....	71
Figura 30 – Análise comparativa da umidade do ar (%) entre sítios na estação seca (A) e chuvosa (B) .....	72
Figura 31 – Temperatura ambiental (°C) na estação seca (A) e chuvosa (B) .....	74
Figura 32 – Análise comparativa da temperatura ambiental (°C) entre sítios na estação seca (A) e chuvosa (B) .....	75
Figura 33 - Análise comparativa entre áreas de estudo: Parque Municipal, Faculdade de Medicina e Controle em relação as estações de seca (Dry) e Chuva (Rainy) em relação a cada parâmetro.....	77
Figura 34 – Exemplar de Ficus elastica na área da Escola de Medicina .....	79
Figura 35 – Exemplar de Ficus elastica no Parque Américo Renné Giannetti .....	80
Figura 36 – A água permanece na superfície durante todo ano .....	86

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Comparação entre áreas de estudo quanto ao número de espécies arbóreas .....	80
Tabela 2 – Análise textural dos solos no Parque Municipal, na Escola de Medicina e área controle.....	81
Tabela 3 – Dados da fertilidade do solo quanto a sua composição química nas três áreas: Parque (P1 a P6), Medicina (M1 a M3) e Controle (C1 a C3) .....	82
Tabela 4 – Dados da fertilidade do solo quanto a sua composição química nas três áreas: Parque (P1 a P6), Medicina (M1 a M3) e Controle (C1 a C3) .....	83

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Distribuição de espécies arbóreas significativas no Américo Renné Giannetti, (p1 - p6) e na escola de medicina (m1 – m3) .....	84
----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------	----

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>EMBASAMENTO TEÓRICO E PARÂMETROS DE PESQUISA .....</b>	<b>21</b>
<b>2.1</b>	<b>Sensibilidade urbana diante do suprimento e escassez de água.....</b>	<b>21</b>
<b>2.2</b>	<b>Floresta urbana e serviços ecossistêmicos .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3</b>	<b>Floresta urbana na paisagem .....</b>	<b>31</b>
<b>2.4</b>	<b>Parque Américo Renné Giannetti e o histórico de inundações na cidade de Belo Horizonte .....</b>	<b>33</b>
<b>2.5</b>	<b>O estado funcional ecossistêmico do Parque Municipal Américo Renné Giannetti.....</b>	<b>53</b>
<b>3</b>	<b>MATERIAL E MÉTODOS .....</b>	<b>57</b>
<b>3.1</b>	<b>Localização e delineamento experimental.....</b>	<b>57</b>
<b>3.2</b>	<b>Análises edáficas .....</b>	<b>60</b>
<b>3.3</b>	<b>Análises micro ambientais.....</b>	<b>63</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>64</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>87</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>94</b>



## 1 INTRODUÇÃO

A população mundial vivendo em áreas urbanas atingia cerca de 29% em 1950 e esse percentual se elevou em 50% em 1990 (ROGERS; GUMUCHDJIAN, 2015). No Brasil, cerca de 80% da população vive em cidades ou vilas (SOUZA, 2016) decorrente do intenso êxodo rural ocorrido nas décadas de 1970 e 1980 (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011) que ainda continua nos dias atuais, embora em menor proporção. Este movimento migratório ocorrido a partir de 1940 até 2010 foi determinado pela expansão de atividades econômicas (INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2011). O fato é que o rápido crescimento urbano resultou na diminuição de áreas verdes e conseqüentemente degradação ambiental.

Os centros urbanos, via de regra, são caracterizados como um meio ambiente excessivamente adensado. As edificações no espaço urbano exigem grandes intervenções na paisagem original, alterando drasticamente seus componentes bióticos e abióticos. Por conta disso, em sua maioria, essas intervenções provocam desarranjos na dinâmica ambiental que existia anteriormente, produzindo impactos consideráveis. Hough (1984) acredita que a estética urbana está em forte conflito com os processos naturais, e como os valores econômicos e tecnológicos restringiram qualquer sentido real da natureza da cidade moderna. Ele vê a cidade como parte do grande mundo natural com seus processos naturais: luz do sol, vento, água e estações.

O aumento dos níveis de urbanização, os problemas mundiais de subsistência, saúde, meio ambiente e qualidade de vida estão se agravando. Várias convenções internacionais priorizam a discussão do desenvolvimento urbano sustentável, tais como os resultados de diversas Conferências Mundiais e a Agenda 2030. O ambiente urbano tem recebido atenção especial da Organização das Nações Unidas para o programa para Meio Ambiente (UNEP), segundo KONIJNENDIJK; GAUTHIER; VAN VEENHUIZEN, *et al.*, (2004). Paralelamente, a situação urbana no que concerne ao sustento, redução da pobreza e construção da comunidade vem sendo uma preocupação generalizada. Por isto, o desenvolvimento de espaços verdes foi reconhecido por agências e financiadores como uma ação importante na

melhoria da qualidade dos meios de subsistência urbanos (DANIDA, 2004; KONIJNENDIJK; GAUTHIER; VAN VEENHUIZEN, *et al.*, 2004). Em resposta às aos problemas decorrentes do acelerado crescimento das populações globais associados aos problemas ambientais, de saúde e sociais, há abordagens inovadoras como solução sendo propostas, por exemplo, Biofilia, Ecopolis, EcoCidade, Soluções Baseadas na Natureza (NBS) visando projetar mais cidades saudáveis, sustentáveis e resilientes e, portanto, habitáveis (RUSSO, *et al.*, 2017). Li *et al.* (2017) inclui como áreas verdes urbanas os parques urbanos, telhados verdes, florestas urbanas e outros espaços verdes naturais ou artificiais, uma vez que essas áreas fornecem serviços ecossistêmicos.

Os administradores das cidades precisam levar os solos urbanos em consideração para lidar com as principais questões ambientais urbanas. Como os outros solos, em ambientes florestais ou agrícolas, os solos urbanos fornecem uma ampla gama de serviços ecossistêmicos. Blanchart *et al.* (2018) ressaltam a necessidade da abordagem dos serviços ecossistêmicos do solo como indicadores de qualidade ambiental (características físico-químicas e biológicas, fertilidade, água do solo, poluição) de áreas urbanas para proposição de Soluções Baseadas na Natureza (NBS) adequadas para o crescimento urbano (RUSSO, *et al.*, 2017).

O crescente processo de urbanização sem planejamento sustentável resulta no que assistimos neste século: cidades impermeabilizadas cuja principal consequência é o comprometimento das drenagens, aumento das inundações e severas alterações climáticas decorrentes, dentre outros fatores, da redução de áreas verdes. Um dos mais importantes serviços ambientais fornecidos pelas Áreas de Preservação Permanente (APP) e áreas verdes se relaciona com o ciclo hídrico na promoção da infiltração e drenagem pluvial, o que contribui para a recarga dos aquíferos e diminui a ação das águas em sua dinâmica natural, evitando enxurradas e inundações que afetam a sociedade como um todo.

A motivação para este estudo é a análise dos serviços ecossistêmicos proporcionados pelos parques urbanos em benefício da qualidade ambiental urbana. A falta de informações detalhadas sobre esses serviços ecossistêmicos pode gerar uma série de decisões e planejamento do uso do solo equivocadas, já que não foram baseadas em uma fundamentação consistente ou mesmo com base em referências inapropriadas. Essas informações permitem disponibilizar inúmeros benefícios que os

seres humanos podem adquirir pelas florestas urbanas através dos serviços ecossistêmicos (NIMELÄ, *et al.*, 2010) que são na maioria das vezes resumidos como a melhoria da qualidade do ar, a regulação do microclima e a manutenção da biodiversidade.

Os serviços ecossistêmicos advindos de áreas verdes urbanas são caracterizados pela alta complexidade, heterogeneidade e fragmentação (PICKETT, *et al.*, 2001). Estes serviços ecossistêmicos se definem como “os benefícios que as populações humanas derivam, direta ou indiretamente, das funções do ecossistema” (COSTANZA, *et al.*, 1997), e podem ser fornecidos por Áreas de Preservação Permanente urbanas.

Áreas de Preservação Permanente urbanas são “espaços territoriais legalmente protegidos, ambientalmente frágeis e vulneráveis, podendo ser públicas ou privadas, urbanas ou rurais, cobertas ou não por vegetação nativa” (BRASIL, 2012). As principais funções de uma APP urbana são: proteção da estrutura e fertilidade do solo; proteção dos corpos d’água, que ajudam na prevenção de desastres associados ao uso e ocupação do solo inadequados; manutenção da permeabilidade do solo e do regime hídrico, que previne de inundações e enxurradas na cidade em épocas de chuva forte; atenuação de desequilíbrios climáticos intraurbanos e função ecológica de refúgio da fauna e corredor de fluxo gênico.

Pickett *et al.* (2001) definem ecossistemas urbanos como aqueles onde o ambiente construído cobre uma grande dimensão da superfície da terra, ou onde as pessoas vivem em altas densidades. Essas áreas incluem todos os ‘espaços verdes e azuis’ das cidades, como parques, e jardins urbanos, rios, lagos, lagoas e florestas urbanas além de cemitérios, pátios e loteamentos. Analisar quais serviços ecossistêmicos são mais importantes em uma determinada cidade vai depender das características ambientais e socioeconômicas de cada lugar, avaliam Gómez-Baggethum e Barton (2013). Bolund e Hunhammar (1999) acreditam que esses serviços podem ser disponibilizados em uma escala global ou local. Segundo os autores, alguns desses serviços produzidos naturalmente, como o sequestro de CO<sub>2</sub>, não precisam necessariamente ser produzidos perto da origem do problema. Por exemplo, há serviços que são gerados próximos de onde são consumidos, como a

diminuição de ruído, e não podem ser transferidos. Entre os benefícios obtidos pelos serviços ecossistêmicos, podemos elencar alguns, como:

Disponibilidade de água: é um benefício advindo dos serviços ecológicos relacionados às drenagens e com água do solo onde a vegetação garante o armazenamento e a liberação controlada dos fluxos de água (GOMÉZ-BAGGETHUM; BARTON; 2013). Villarreal e Bengtsson (2005) demonstram que com o incremento da área de superfície impermeável nas cidades ocorre a redução da capacidade da água se infiltrar no solo, e isso aumenta o escoamento superficial, agregando mais vulnerabilidade a inundações e erosões. Já a cobertura vegetal e florestas presentes na bacia hidrográfica da cidade são um fator fundamental para manutenção do ciclo hídrico e para a disponibilização de água (HIGGENS, *et al.*, 1997).

Microclima urbano: os “espaços urbanos azuis e verdes” conseguem regular as temperaturas locais (HARDIN e JENSEN 2007), diminuindo o efeito de “ilha de calor” na cidade. Este efeito compreende aumentos locais na temperatura de áreas da cidade, os quais são ocasionados pela emissão dos gases de efeito estufa vindos do aquecimento e do tráfego urbano, juntamente com uma maior absorção de calor pelas superfícies construídas (MORENO-GARCÍA, 1994). Em áreas verdes urbanas as árvores atuam como sumidouros de CO<sub>2</sub>, conseguindo armazenar o excesso de carbono como biomassa durante a fotossíntese (BIRDSEY, 1992; NOWAK, 1994; McPHERSON, 1998; McPHERSON; SIMPSON, 1998). Quanto maior a quantidade de biomassa de árvores no local, maior a quantidade de dióxido de carbono sequestrado.

Segundo Hardin e Jensen (2007) os efeitos do resfriamento causado pela vegetação urbana são capazes de amortecer as ondas de calor nas cidades. As diversas “ilhas de calor” podem ser reduzidas com ajuda de todos os ecossistemas naturais em áreas urbanas (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Além disso, a importância da vegetação pode ser observada quando uma única árvore de grande porte pode transpirar cerca de 450 litros de água por dia, num processo de evapotranspiração, o que consome 1000 MJ de energia térmica para conduzir o processo de evaporação (BOLUND; HUNHAMMAR, 1999). Deste modo, segundo estudo conduzido por Hough (1984) na cidade de Toronto, no Canadá, as árvores podem ajudar a reduzir as temperaturas de verão do meio urbano.

A ausência da vegetação resulta na perda da evapotranspiração, sistema contínuo solo-planta (BRADY; WEIL, 2008) e, progressivamente, seguindo a força

da pressão atmosférica, a água do solo migra para o aquífero. Em áreas desmatadas, além da perda de água para o aquífero, ocorre a evaporação superficial direta da água do solo, levando ao rápido ressecamento do solo (BILBAO; ROMÁN; MIGUEL, 2019), combinado com eventos de temperaturas muito altas (RIBES, *et al.*, 2019). Frente a este cenário, a preservação de corpos hídricos e matas ciliares se faz urgente. Em adição, a vegetação arbórea favorece o sombreamento, com redução da incidência solar permitindo amenização das temperaturas urbanas, especialmente nos trópicos. Este efeito depende da copa das árvores e da densidade vegetacional.

Filtragem do ar: as áreas verdes nas cidades, especialmente com árvores, reduzem significativamente a poluição atmosférica, filtrando as partículas do ar. Esta capacidade de filtragem é maior quanto maior for a presença de área foliar ou densidade vegetacional, sendo por isso maior para árvores do que para arbustos ou herbáceas (GIVONI, 1991), já que esse efeito é produzido pela copa das árvores. No entanto, Bolund e Hunhammar (1999) sugerem que a melhor alternativa para ecossistemas urbanos seria um consórcio de espécies. Tanto a localização quanto a estrutura da vegetação são importantes na capacidade de filtragem do ar. Em seus estudos, Bernatzky (1983) mostra que até 85% da poluição do ar pode ser filtrada em um parque urbano, já em uma rua arborizada a capacidade chega a 70%.

Drenagem da água da chuva: toda a infraestrutura do ambiente construído, como asfalto e concreto, produz mudanças no fluxo de água quando comparadas ao um equivalente natural. O déficit de infiltração é associado ao elevado índice de escoamento das águas superficiais. O crescente aumento das áreas impermeáveis nas cidades diminui a faculdade de infiltração da água no solo, e dessa forma permite o aumento do volume de escoamento superficial e sua consequente vulnerabilidade (VILLARREAL; BENGTSSON, 2005). Como consequência, ocorre o aumento das inundações, constituindo um dos mais sérios problemas advindos da impermeabilização (HAUGHTON; HUNTER, 1994). A única maneira de entender o papel da vegetação é através do continuum solo-planta-atmosfera (BRADY; WEILL, 2008). Além disso, os mesmos autores evidenciam o papel interceptador da vegetação reduzindo e distribuindo o volume de água que atinge o solo, especialmente as áreas impermeáveis num curto espaço de tempo, reduzindo o vulto das inundações. Assim, pavimentos verdes também conseguem reduzir a pressão

sobre os sistemas de drenagem urbanos pela infiltração da água. Higgens *et al.* (1997) corroboram quando dizem que as florestas urbanas na bacia hidrográfica da cidade têm influência na quantidade de água disponível.

A área de estudo escolhida foi o Parque Américo Renné Giannetti, pois além de ser uma área verde considerável com grandes espécies arbóreas na parte central de Belo Horizonte, é a antiga área de várzea do Ribeirão Arrudas e possui um excepcional equilíbrio hidrológico naquela região. Apesar de sua localização em uma área sensível da cidade, a área do parque não sofre com inundações em épocas de chuvas fortes, mantendo um equilíbrio hídrico importante, considerando as inúmeras enchentes em outras partes da cidade no período chuvoso. Investigar o real estado de equilíbrio do parque com relação aos serviços ecossistêmicos prestados por ele vai nos mostrar a funcionalidade desses serviços de forma específica. Ainda, na falta de estudos mais detalhados sobre serviços ecossistêmicos em parques urbanos vimos a necessidade de aferição deste equilíbrio hídrico através desses serviços ambientais.

O Parque Municipal Américo Renné Giannetti (ou Parque Municipal) está inserido em uma Área de Preservação Permanente (APP) no centro da cidade de Belo Horizonte. A manutenção de APPs em centros urbanos não só possibilita a valorização da paisagem e do patrimônio natural e construído, mas, especialmente, preserva os serviços ecossistêmicos de drenagem, proteção de nascentes, clima, fertilidade e biodiversidade. Um ecossistema tem que ser composto na sua estrutura, na sua diversidade e nas suas funções.

Nossa proposta, portanto, é investigar os serviços ecossistêmicos e seus componentes no Parque Municipal de Belo Horizonte que vão garantir essa condição de equilíbrio que impede a inundação da área. Este estudo é possível através da análise quantitativa de fatores edáficos, como água retida no solo, umidade do solo e fertilidade do solo. E suas relações com os elementos microclimáticos relacionados à temperatura e umidade do ar. Todos esses fatores serão relacionados com a vegetação presente no local. Belo Horizonte tem como uma de suas principais áreas de preservação uma pequena floresta urbana no Parque Municipal, composto tanto por vegetação nativa quanto plantada ao longo de sua existência. Sendo assim, o Parque surge como um espaço propício para análise da prestação de serviços ecossistêmicos em meio urbano.

O Parque Municipal Américo Renné Giannetti originalmente (FIGURA 1) está localizado ao longo da linha de fixação originária do Ribeirão Arrudas (AMARAL, 2015). Esta linha de fixação está intimamente atrelada às características do sistema natural do relevo Várzea do Arrudas, sobre o qual incide mais de 90% da área atual do parque, sendo que esta área era caracterizada por áreas de mata ciliar e cerradão, com solo fértil e trechos brejosos (AMARAL, 2015).

Figura 1 – Planta original do Parque à esquerda, transformação e situação atual

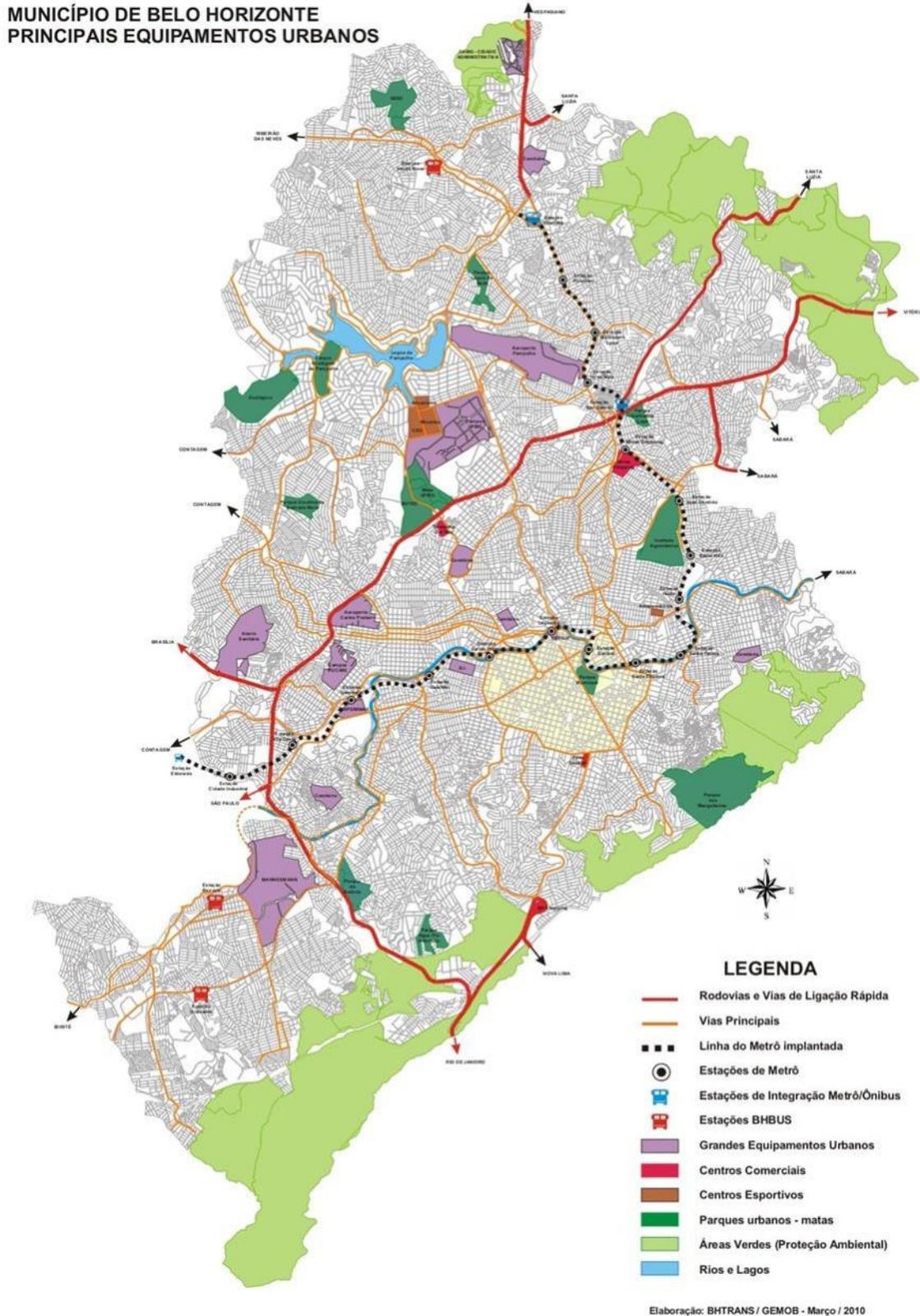


Fonte: AS PRECARIIDADES, curraldelrey, 2011.

Trata-se de uma área de inundação do Ribeirão Arrudas, que se estende além do limite estabelecido atualmente para o parque, atingindo a região atual da Avenida Alfredo Balena, incluindo o estacionamento da Medicina da UFMG no mesmo tecido urbano do parque. Portanto, o Parque Municipal não é apenas um reduto arbóreo de uma floresta urbana para valorização da paisagem e do patrimônio natural, mas responsável por serviços ecossistêmicos extremamente ameaçados nos nossos dias.

Em Belo Horizonte, segundo a prefeitura (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021) há mais de 10,7 milhões de metros quadrados de áreas verdes, incluindo 75 parques. Esses parques contribuem para a preservação dos recursos hídricos, da fauna e da flora, onde estão representados biomas como o cerrado, campos de altitude e mata atlântica. Abaixo a localização de alguns deles dentro do tecido urbano de Belo Horizonte (

Figura 2 – Localização de parques urbanos em Belo Horizonte com matas



Fonte: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021.

## **2 EMBASAMENTO TEÓRICO E PARÂMETROS DE PESQUISA**

O referencial teórico a seguir foi estruturado em cinco tópicos, a saber: sensibilidade urbana diante do suprimento e escassez de água; floresta urbana e serviços ecossistêmicos; floresta urbana na paisagem; Parque Américo Reenée Giannetti e o histórico de inundações na cidade e Belo Horizonte; o estado funcional ecossistêmico do Parque Municipal Américo Rennée Giannetti.

### **2.1 Sensibilidade urbana diante do suprimento e escassez de água**

O crescimento da população urbana, segundo Rees (1992), ao longo do último século também causou grandes transformações antropogênicas nos biomas terrestres. Embora os centros urbanos ocupem apenas uma pequena parcela da superfície terrestre, são fortemente influenciados pelas mudanças em escala global. Rees (1992) complementa que todos os centros urbanos bem-sucedidos tiveram que se adaptar às condições ambientais e os recursos então disponíveis, embora as restrições dos recursos locais sejam muitas vezes superadas recorrendo a outros recursos e até usando sumidouros de lugares mais distantes. Afinal, como pensa Romero-Lankao e Dodman (2011), muitos dos desafios e oportunidades para adaptação urbana se relacionam com as características centrais da vida urbana – atividades econômicas, prédios, concentração de pessoas e instituições culturais e sociais.

Uma das considerações, atribuídas por Hardoy, Miltind e Satterthwaite (2001), ligadas a essas concentrações de pessoas e atividades é que são normalmente acompanhadas de desafios distintos: escoamentos superficiais de água da chuva (devido à baixa drenagem do solo), gerenciamento de tempestades e critérios para reduzir as ilhas de calor. Por isso as grandes cidades têm uma maior necessidade e demanda de serviços ecológicos e recursos naturais. Muitas vezes a resiliência dos ambientes naturais fica em risco. Nesse caso específico a resiliência é a capacidade dos centros urbanos e os sistemas dos quais dependem de reduzir ou recuperar-se dos efeitos de eventos extremos de maneira eficiente.

Para Revi (2005), o termo vulnerabilidade também pode ser aplicado aos centros urbanos, incluindo nesse contexto energia, água, turismo e mobilidade, além

dos sistemas ecológicos. Desviar o curso de um rio ou construir um aterro para proteger um novo empreendimento pode impedir inundações em um determinado local, mas pode causar ou até mesmo aumentar as inundações em um outro lugar. Esta é uma questão sensível às áreas verdes das grandes cidades. Aqui a resiliência não é apenas a habilidade de recuperação de um impacto, mas sobretudo a habilidade de evitar ou minimizar a necessidade de se recuperar e a capacidade de suportar alterações inesperadas ou mesmo imprevisíveis (WILLIAMS, 2011).

Já Revi *et al.* (2014) consideram que hoje em dia há uma maior clareza sobre o que contribui para a resiliência nos centros urbanos. Especificamente, no caso concreto, há uma maior consideração do papel dos serviços ecossistêmicos e da infraestrutura verde (terrestre) e azul (água) na adaptação. Ainda há uma série de incertezas e pesquisas prioritárias, segundo a *World Meteorological Organization* (WMO) (2008). Persistem também sérias limitações de dados biológicos, geofísicos e socioeconômicos necessários para adaptação em todas as escalas geográficas, como os dados sobre vínculos natureza-sociedade e riscos locais.

Em relação ao efeito das mudanças climáticas nos episódios de chuvas extremas e drenagens urbana Willems e Arnbjerg-Nielsen (2013) mostraram que os aumentos típicos na intensidade das chuvas, mesmo que em pequenas escalas de hidrologia urbana, variam de 10% a 60%. Essas variações nos eventos extremos de chuvas curtas podem também ter impactos significativos tanto nos sistemas de drenagem quanto nas inundações pluviais, tão comuns em grandes cidades (Willems e Arnbjerg-Nielsen, 2013).

Para Sherbinin *et al.* (2007) está claro que o esgotamento das águas subterrâneas contribui para o deslocamento de terra em áreas vulneráveis, reforçando o estresse hídrico e os riscos de erosão. O autor mostra como exemplo Xangai, onde mudanças no clima devem trazer a diminuição da disponibilidade de água, bem como inundações e salinização das águas subterrâneas, além da subsidência (deslocamento de terra) costeira. Sherbinin *et al.* (2007) destacam que cidades grandes, com milhares de habitantes, e que continuam crescendo em áreas que provavelmente estão cada vez mais propensas a inundações, sofrerão mais num futuro próximo.

Os serviços ecossistêmicos serão impactados pelas funções alteradas do ecossistema, como precipitação, evaporação e níveis de umidade do solo, o que indica uma estreita aproximação com a gestão sustentável da água (REVI, *et al.*, 2014). Segundo o autor existem lacunas de conhecimento na consideração dos limiares para adaptação de vários ecossistemas. Com relação à questão hídrica, Revi *et al.* (2014) ponderam que é preciso garantir suprimentos suficientes de água, maior capacidade para gerenciar a disponibilidade reduzida de água doce, redução do risco de inundação e qualidade da água. Podemos citar aqui exemplos de diversas cidades que lidam hoje com a problemática da água disponível em seus centros urbanos. Na Cidade do México, desde os anos 50, várias medidas foram propostas no setor de água, porém não foram consideradas, segundo Romero-Lankao e Dodman (2010), a diminuição do uso da água e a restauração, e o gerenciamento das microbacias urbanas e rurais. Em Quito – Equador, já são projetadas grandes reduções no suprimento de água doce devido à retração das geleiras e outras mudanças relacionadas ao clima, o que levou o governo a formular uma variedade de planos de adaptação, incluindo o uso racional da água (HARDOY; PANDIELLA, 2009). Na cidade de Phoenix – Arizona, uma cidade desértica em rápida expansão, de acordo com Bolin, Seetharam e Pompeii (2010), o crescimento da periferia depende basicamente das águas subterrâneas. Além disso, foram feitas várias simulações que exploraram como o uso da água não pode ser reduzido a uma produção segura e ao mesmo tempo acomodar o crescimento futuro. Na América do Norte, a cidade de Toronto – Canadá priorizou a atualização dos sistemas de águas pluviais e residuais (KESSLER, 2011). Como se vê, de acordo com WMO (2008), para as cidades é de extrema importância o gerenciamento do uso da água subterrânea e da captação de água muitas vezes em áreas mais distantes.

Com relação à infraestrutura verde e os serviços ecossistêmicos, Revi *et al.* (2014) reforça que a adaptação baseada em ecossistemas nas áreas urbanas, como parte da estratégia de adaptação às mudanças climáticas, busca ir além do foco nas árvores de rua e parques, para uma compreensão mais detalhada de como a biodiversidade e os serviços ecossistêmicos podem reduzir a vulnerabilidade dos ecossistemas e das pessoas. De acordo com Pramova *et al.* (2012) é consenso que os espaços verdes nas cidades são benéficos para absorver água das chuvas e moderar altas temperaturas. Oke (1997) complementa que a umidade do solo pode

ser afetada também pela infiltração de fontes localizadas, por exemplo canos de água quebrados ou esgotos.

## 2.2 Floresta urbana e serviços ecossistêmicos

Os serviços ecossistêmicos advindos de uma floresta podem ser analisados sob dois aspectos: Elementos edáficos e elementos microclimáticos capazes de atuar como sistema tampão para os impactos naturais e antrópicos, especialmente capazes de aumentar a resiliência frente as alterações climáticas. As árvores não só fornecem sombra com suas copas e quebram a velocidade do vento assegurando um microclima agradável, mas especialmente alteram o ciclo hídrico (BISHT, *et al.*, 2018).

Embora o trabalho de Bisth *et al* (2018) seja sobre o sistema agroflorestal, foi constatado que a interação entre árvores, solo e culturas melhora as condições do solo, além das árvores terem um importante papel na reparação de terras e bacias hidrográficas degradadas e ainda ajudarem na mitigação e adaptação às mudanças do clima.

Nimelä *et al.* (2010) concorda que os serviços ecossistêmicos culturais fornecidos por áreas verdes urbanas, sob a perspectiva dos moradores das cidades, são um dos serviços ecossistêmicos mais importantes. Certamente o autor lembra que tanto a importância de alguns serviços, como o sequestro de carbono, é mais global, ao passo que outros, como os serviços de regulação do clima e os serviços recreativos são sobretudo locais.

Em geral, devido à expansão geográfica de áreas urbanas e modificações ocorridas no uso e cobertura da terra há um impacto negativo no meio biótico primordial, afetando sua diversidade (HEIKKINEN, 2007; GRIMM, *et al.*, 2008). Se por um lado Millenium Ecosystem Assessement (2005) e Naskali, Hiedanpää e Suvantola (2006) entendem que uma vez que os serviços ecossistêmicos são fornecidos pela biodiversidade e, portanto, a falta dessa biodiversidade causa prejuízos aos serviços que são oferecidos aos humanos, em contrapartida Savard, Clergeau e Mennechez (2000) acreditam que apesar da composição de espécies ser diferente da original, a introdução de novas espécies pelo homem pode incrementar a diversidade da natureza urbana, intensificando assim a importância da floresta urbana neste

contexto. Atualmente, os especialistas em recuperação de áreas degradadas apontam para o entendimento de que a funcionalidade do sistema continuum solo-planta-atmosfera é que assegura a biodiversidade, sendo a biodiversidade o produto do equilíbrio funcional do ecossistema (BLANCHART, *et al.*, 2018).

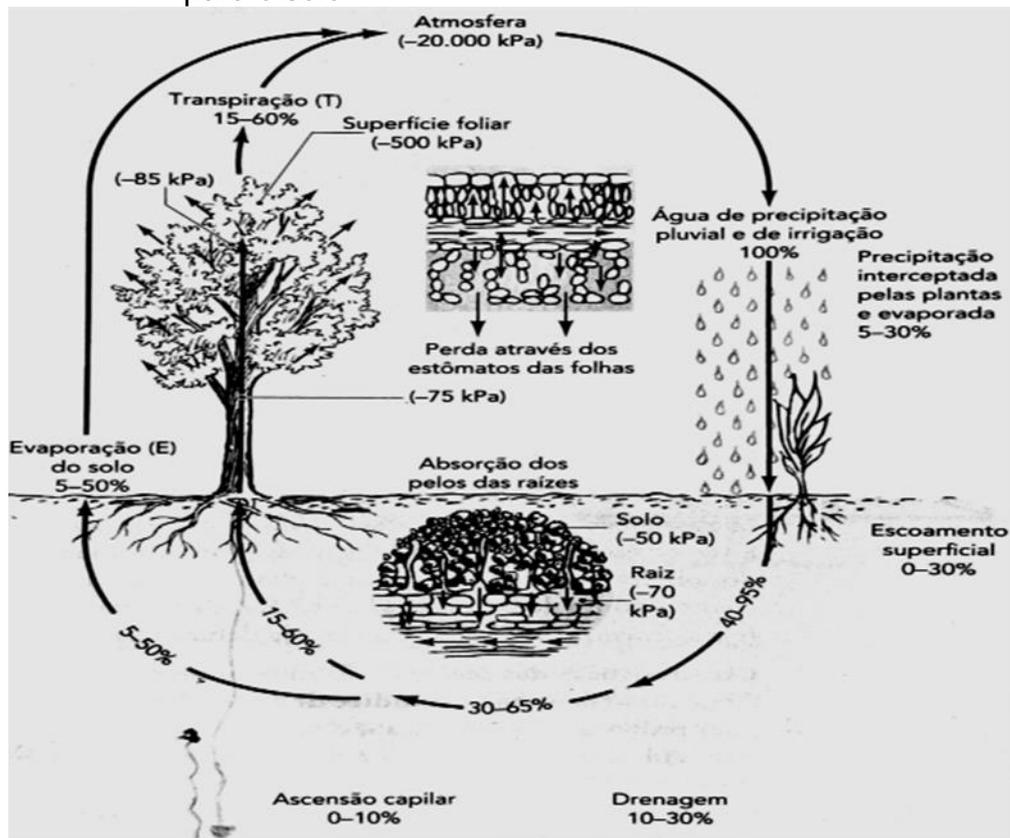
Realmente, a espécie de porte arbóreo constitui elemento central na funcionalidade do ciclo hídrico, através do sistema conhecido como continuum solo-planta-atmosfera (BRADY; WEIL, 2008). Este sistema está representado na fig. 8 (BRADY; WEIL, 2008), onde a água advinda das precipitações pode ser interceptada no solo e escoada superficialmente (0 a 30%) dependendo do tipo de solo. Níveis de 5 a 50% desta água podem sofrer evaporação do solo e voltar para a atmosfera. Taxas de 40 a 95% da água da chuva penetram no solo e podem seguir vários caminhos dependendo do solo e do seu grau de preservação. Se o solo apresentar estrutura porosa adequada, a água vai caminhar lentamente e vai ser percolada totalmente para o aquífero no sentido da pressão atmosférica. Porém, em sentido contrário, existe a pressão exercida pelos microporos como um sistema de vasos comunicantes, gerando uma força de ascensão capilar superando a pressão atmosférica.

Na presença de vegetação arbórea, esta força é mantida e assegura a retenção da água no solo, que se torna disponível para toda a biota. Caso contrário, em solos degradados que perderam a vegetação arbórea, sofrem paulatinamente a desagregação dos agregados e conseqüentemente a perda progressiva da micro porosidade. Nestas condições, a água da chuva será rapidamente infiltrada para o aquífero seguindo a pressão atmosférica. Esta situação será controlada somente na presença de espécies arbóreas através de sua capacidade de evapotranspiração. A pressão da água disponível no solo, próximo às raízes é de -70 kPa (kiloPascal). A vegetação usa esta água, e pelo sistema de evapotranspiração estabelece um gradiente de pressão nos vasos xilemáticos, compostos por células do sistema de vasos e traqueídes, os quais são capazes de elevar a água até as folhas superiores.

A árvore para elevar a água até suas folhas cria uma diferença de potencial nos seus vasos de tal ordem que o potencial hídrico passa de - 70 kPa nas raízes para -500 kPa na superfície foliar e pela evapotranspiração a água é eliminada na atmosfera com uma tensão de -20 000 kPa, criando um continuum (FIGURA 3) entre o sistema radicular, folhas e atmosfera denominado evapotranspiração. Esta água na atmosfera retornará como chuva, fechando o ciclo (BRADY; WEIL, 2008). Trata-se de

um elevador hidráulico e somente espécies arbóreas podem estabelecer esta diferença de potencial. As espécies herbáceas não o fazem. Desta forma, a água do solo, presente no lençol freático, se mantém constante, tamponada e disponível, assegurando a produção vegetal e crescimento das plantas e a atividade biótica. A água subterrânea do solo, na zona de saturação, pode aflorar como nascente ou simples afloramentos de água. Por outro lado, a fertilidade do solo dada pelo conteúdo de matéria orgânica é que garante formação de poros e ascensão capilar. As espécies arbóreas são capazes de reduzir as perdas de água e de reter a água no solo.

Figura 3 – Continuum solo-planta-atmosfera mostrando o movimento da água, do solo e das plantas para a atmosfera e seu retorno para o solo



Fonte: BRADY; WEIL, 2008, p. 191.

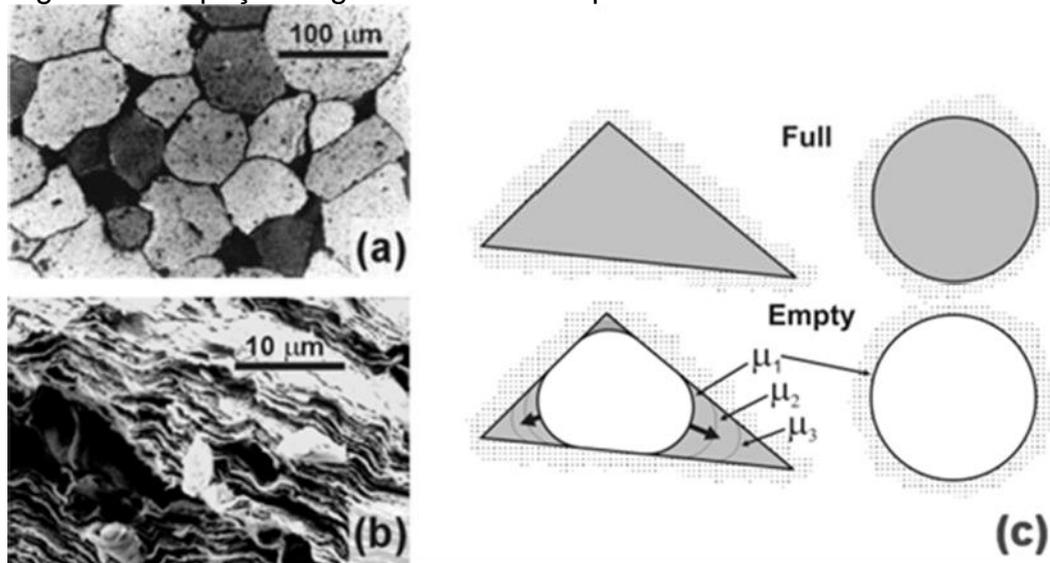
O aumento da temperatura de superfície pode ocasionar um aumento da demanda evaporativa. Como consequência da urbanização, o aumento do índice de

impermeabilização, a redução do número de árvores e o aumento da temperatura podem resultar no rebaixamento do lençol freático e progressiva redução da água disponível para todos, como plantas, animais e os homens considerando a interrupção das drenagens pela ausência de árvores. Isto posto, ocorre a restrição da água disponível no solo, e isso se dá inclusive em áreas com histórico de muitas chuvas.

O potencial matricial, ou potencial mátrico (que é a água retida no solo) contribui para o comportamento mecânico do sistema do solo sustentado pelas árvores, como por exemplo a sua resistência, o estresse intergranular e a pressão da água nos poros (WILLIAMS; SHAYKEWICH, 1970). Para Tuller (2003), a quantidade de água retida no solo é uma importante propriedade hidráulica relativa ao tamanho e conectividade dos espaços porosos cuja formação depende da textura e estrutura do solo, mas, fundamentalmente, da presença da matéria orgânica húmica (KIMURA; BAPTISTA; SCOTTI, 2017). O potencial matricial se atribui às forças capilares e adsorptivas atuantes entre as fases líquida, gasosa e sólida. Hillel (1998) explica que na capilaridade do solo ocorre a adsorção, formando envelopes de hidratação sobre as superfícies de partículas. Pois, a prevalência de água nos filmes é mais importante em solos argilosos com uma grande área de superfície. Já em solos arenosos a adsorção é relativamente insignificante e prevalece o efeito capilar. Mas geralmente, como conclui o autor, o potencial matricial advém do efeito combinado da adsorção superficial e da capilaridade, mantido pela vegetação arbórea.

A seguir (FIGURA 4, mostra como a retenção de água em uma matriz porosa do solo depende fortemente tanto da forma como da angularidade dos poros individuais formados pela agregação do solo, pois a inspeção de finas seções ou micrografias do solo mostra que os espaços naturais dos poros, por sua vez, não se parecem com capilares cilíndricos.

Figura 4 – Espaços angulares em meios porosos naturais

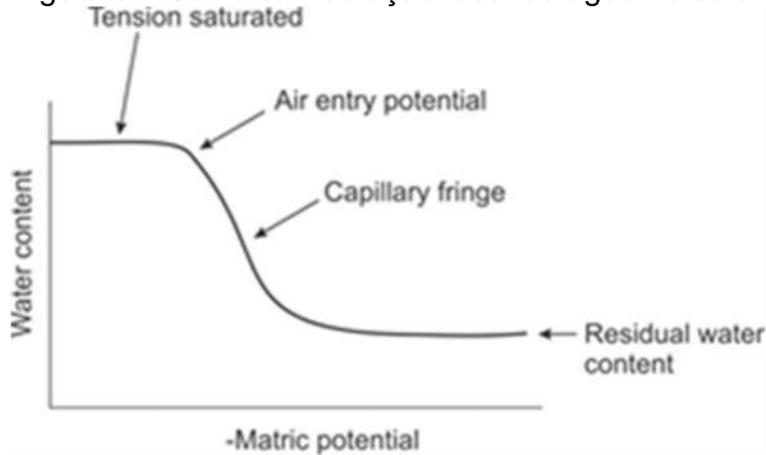


Legenda: a) seção fina de arenito devoniano (ROBERTS; SCHWARTZ, 1985)  
 b) micrografo eletrônico de varredura (SEM) de montmorillonita saturada de cálcio  
 c) retenção líquida em poros triangulares e cilíndricos  
 Fonte: TULLER, 2003, p. 04.

Naturalmente a mídia porosa se forma por superfícies minerais e partículas agregadas, mostrando os espaços como seções transversais de poros angulares ou em forma de fenda (LI; WARDLAW, 1986; MASON; MORROW, 1991). Para Tuller (2003) o teor da água e a energia potencial da água não podem ser relacionadas exclusivamente porque a quantidade de água existente em um certo potencial matricial depende da distribuição do tamanho dos poros e das propriedades das interfaces sólidas ar-água.

Conforme relatado por Whaley, Jenkins e Ober (2013), e como já dito, o potencial de água do solo é devido à tensão superficial da água entre as partículas do solo ou do seus microporos mas, a magnitude desse potencial mátrico vai depender do conteúdo de água no solo regido não só pelo tamanho dos poros, como também das propriedades de suas partículas e da tensão superficial da água no solo e a presença da vegetação. Assim, para entender qual o estado hídrico do solo, é necessário medir tanto o teor de água no solo como o seu potencial mátrico. Whaley, Jenkins e Ober (2013) explicam que a relação entre o teor de água no solo e o potencial mátrico é conhecida por “característica de liberação ou distribuição de água”. E a liberação ideal de água de um solo franco, pode ser assim dividida, como demonstrado abaixo (FIGURA 5), em três partes:

Figura 5 – Curva de liberação ideal de água no solo



Fonte: WHALEY *et al.*, 2013, p.3953

Fica evidenciado por Whaley, Jenkins e Ober (2013) que o potencial mátrico é medido em kPa e a negatividade indica maior saturação de água no solo (potencial mátrico elevado) o que é chamado de “tensão saturada”. Quando o potencial mátrico torna-se positivo indica que o ar penetrou nos poros e substituiu a água retida e neste caso o solo perde água até atingir o teor de água residual, o que pode ser observado com facilidade em solos arenosos (baixo potencial mátrico). Os autores enfatizam que o potencial hídrico dos solos é determinado pelas forças osmóticas e matriciais na água que fica presa nas partículas do solo, e que sua distribuição nos poros depende do trabalho das raízes. Whaley, Jenkins e Ober (2013) sugerem que é necessário quantificar a água disponível no sistema solo-planta no intuito de compreender o comportamento das plantas tanto no nível molecular como no campo.

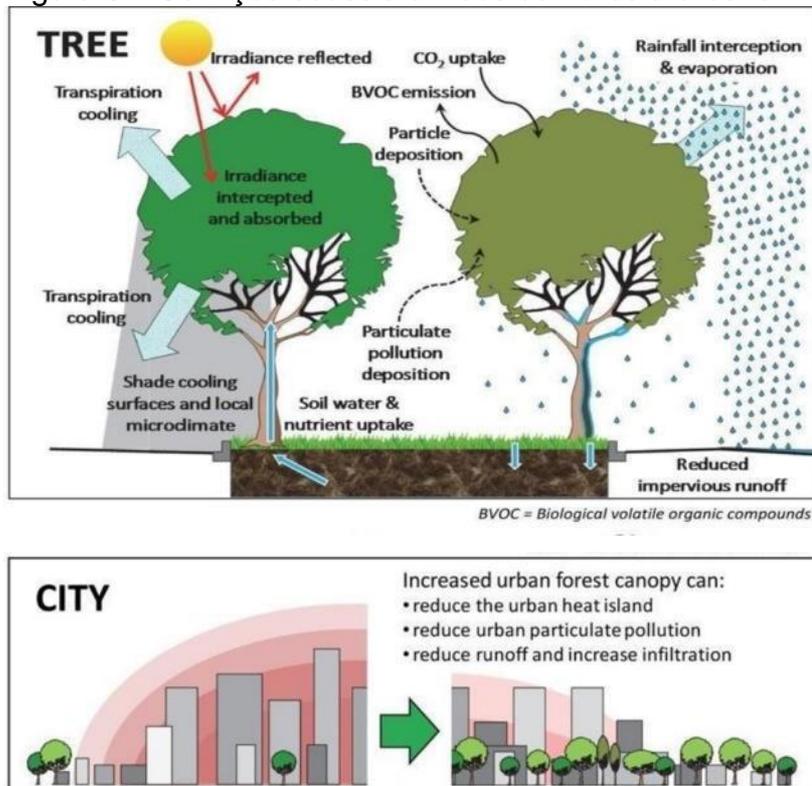
Como dito anteriormente por Williams e Shaykewich (1970), o potencial mátrico ajuda no comportamento mecânico do solo, como a sua resistência e o estresse intergranular. O autor comenta ainda que a natureza essencial da relação entre o potencial mátrico e as propriedades de resistência podem ser compreendidas em termos de contribuição que esse potencial tem quando sob estresse. A relação potencial matricial-estresse foi demonstrada por Williams e Shaykewich (1970) em dois solos insaturados, comprovando que a força das propriedades de um solo em

função do potencial matricial, dependem em grande medida das propriedades de retenção de água do solo. Os autores demonstraram uma diminuição no potencial matricial não só reduz a disponibilidade de água, mas simultaneamente aumenta a resistência ao desenvolvimento de raízes. Assim, sob o ponto de vista de Williams e Shaykewich (1970), é preciso considerar como o potencial matricial contribui na força mecânica do sistema solo quando se interpreta a influência do potencial mátrico sobre o comportamento do sistema da planta nas condições insaturadas.

A qualidade física de um solo é um importante indicador da qualidade ambiental de um ecossistema. Como dito por Silva, Benevenuto e Melo (2017), um solo com a estrutura degradada pode comprometer o desenvolvimento de plantas. Certamente as características físicas do solo, como porosidade e densidade são usadas na quantificação das alterações provocadas pelos diversos sistemas de manejo, mas igualmente servem como indicadores de qualidade do solo (MATIAS, *et al.*, 2009; JORGE, *et al.*, 2012; OLIVEIRA, *et al.*, 2015). Portanto, a avaliação do espaço poroso do solo, conforme Wendling *et al.* (2012), é de grande importância para caracterizar o ambiente físico de crescimento das raízes, já que a porosidade interfere na aeração, condução e retenção de água, resistência à penetração e na nutrição da planta.

Walsh, Fletcher e Burns (2012) detalham que devido ao aumento da superfície impermeável, o escoamento de águas pluviais urbanas tem causado inundações repentinas. A gestão dos recursos urbanos continua a ser um desafio. É preciso, de acordo com Livesley, McPherson e Calfapietra (2016), compreender o papel da vegetação urbana, sua resposta fisiológica a essas condições específicas e, sobretudo, o papel da floresta urbana no enfrentamento desses desafios. Os autores lembram ainda que as árvores urbanas, quando em espaços permeáveis, desempenham um papel que faz repensar como gerenciamos a hidrologia de captação urbana (FIGURA 6).

Figura 6 – Serviços ecossistêmicos da floresta urbana



Fonte: LIVESLEY; PHERSON; CALFAPIETRA, 2016, p. 120

Livesley, McPherson e Calfapietra (2016) entendem a importância da compreensão do papel da evapotranspiração das árvores no equilíbrio do calor urbano e como isso é essencial para compreender o potencial das estratégias de floresta urbana na mitigação dos efeitos das ilhas de calor. Ademais, Ballinas e Barradas (2016), apontam que até mesmo árvores individuais podem fornecer benefícios profundos na evapotranspiração diária, gerando benefícios ao ambiente urbano.

### 2.3 Floresta urbana na paisagem

O termo floresta urbana tem a origem do seu conceito *urban forest* no Canadá na década de 1960 que se refere a arborização nativa ou urbana (Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT - 2016). Segundo o IPT (2016), enquanto nos Estados Unidos, floresta urbana pode significar qualquer fragmento florestal, seja ele nativo ou projetado, na Alemanha, só se consideram florestas urbanas aquelas áreas de

florestas nativas que se encontram dentro ou próximas do perímetro urbano. O fato é que a floresta urbana está intimamente ligada ao espaço construído, seja por pequenos fragmentos, parques e outros.

A conceituação da paisagem urbana com fins de preservação dos serviços ecossistêmicos edáficos e de microclima inclui, necessariamente, as florestas urbanas. Para Delpoux (1974) a paisagem seria num produto da relação entre suporte e cobertura, unidades que se transformam ao longo do tempo e do espaço. Como suporte compreendem-se as características geológicas - orogênese, estratigrafia e litologia; e cobertura, os aspectos climáticos, biogeográficos e antrópicos, de cujas variadas combinações resultam os mais diversos tipos de paisagens conhecidos.

Forman (1995) considera que o sistema de espaços livres é composto por um mosaico de ecossistemas, que podem ser contínuos ou não, com fragmentos, corredores, matrizes e fronteiras. O autor destaca matrizes (Matrix) com suas três características básicas: a) área: cobertura vegetal predominante no lugar; b) conectividade: em que grau uma área está conectada às outras; c) controle sobre as dinâmicas: contém elementos que são fonte dos recursos fundamentais na conformação do meio. Sejam os espaços livres contínuos ou descontínuos, eles mantêm relações com seu subsolo, fronteiras e entorno. Tanto que fenômenos que ocorrem no subsolo acabam aflorando na superfície, como a água que nasce plantas que brotam, e da mesma forma o inverso, o que acontece na superfície também afeta o subsolo, como a impermeabilização que impede a água de seguir seu curso natural (TARDIN, 2008).

Segundo Pellegrino (1987), os sistemas naturais e antrópicos encontram-se integrados em diversas unidades ecológicas. Conforme o produto dessas interações, certos trechos da paisagem podem ser agrupados em conjuntos distintos, que podem ser chamados de Unidades de Paisagem - UP. Estas 2 abordagens são coerentes com os de McHarg (1969), ao propor um método de planejamento ecológico de caráter abrangente, que enfoca sítios de domínio antrópico com prospecções de diagnóstico de impactos máximos e mínimos sobre os serviços ecossistêmicos.

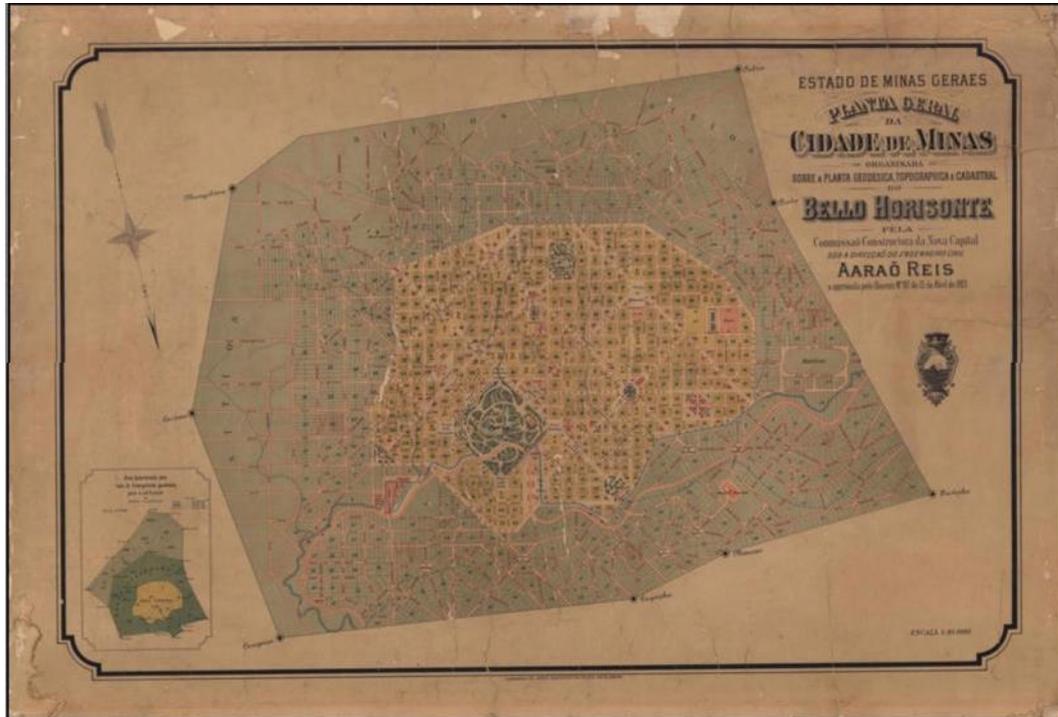
Somente as florestas, incluindo as florestas urbanas, podem mitigar os efeitos deletérios do excesso de impermeabilização das cidades. As árvores controlam a perda de água equilibrando a sua distribuição pela evapotranspiração, e ainda conservam a umidade do solo e são capazes de reduzir a temperatura do ar e

limitar os eventos de temperaturas extremas (KANZLER, *et al.*, 2018). Árvores também asseguram a estrutura e fertilidade do solo, assim como a porosidade e drenagem do solo (KIMURA; BAPTISTA; SCOTTI, 2017). A manutenção desses serviços ecossistêmicos é essencial para assegurar a água e a qualidade do microclima urbano. O adequado monitoramento da qualidade dos serviços ecossistêmicos de uma floresta urbana depende do estabelecimento de indicadores que possam aferir o grau de preservação desses serviços, da permeabilidade, do microclima e preservação de espécies arbóreas.

#### **2.4 Parque Américo Renné Giannetti e o histórico de inundações na cidade de Belo Horizonte**

A área verde que vamos tratar – o Parque Municipal Américo Renné Giannetti – com sua pequena floresta urbana, situa-se como elemento que se insere no parcelamento preexistente, concebida assim como componente intencional da paisagem da cidade de Belo Horizonte. O traçado da zona urbana de Belo Horizonte (FIGURA 7), em que Aarão Reis explicita o dimensionamento das ruas locais e dos bairros contidos nessa área, de forma que o calçamento ao longo das vias recebesse “a conveniente arborização”, define tal elemento como componente do tecido urbano da antiga zona urbana da capital do Estado de Minas Gerais (BARRETO, 1996; MACIEL, 1998; CASTRIOTA, 2009). Porém, antes se faz necessário um breve histórico do início da nova capital no intuito de entender melhor a dinâmica da drenagem urbana e os constantes eventos de inundações na cidade ao longo dos anos.

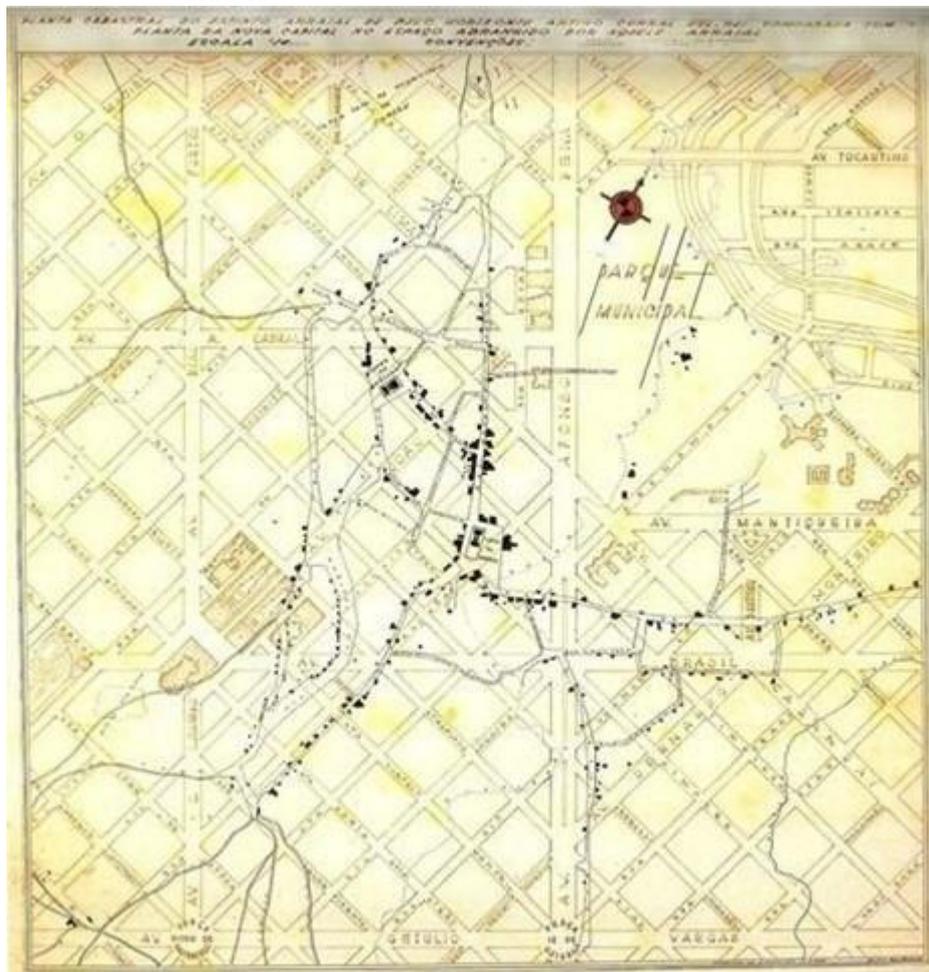
Figura 7 – Plano traçado da capital (por Aarão Reis), zona urbana em amarelo, zona suburbana em verde, e nas bordas do perímetro a zona rural



Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997 p. 31

Antes de Belo Horizonte, já havia no local escolhido o antigo Arraial Curral Del Rei em 1701. De acordo com o Instituto do Patrimônio Histórico e Artístico Nacional (IPHAN) foi nesta época que, em busca de ouro, o bandeirante João Leite Ortiz chegou ao local de clima ameno e bela paisagem. Sendo assim construiu ali a Fazenda do Cercado, que mais tarde evoluiu para Arraial Curral Del Rei. Aos poucos o Arraial foi crescendo e se tornou Freguesia, porém subordinado à Sabará, segundo o IPHAN (HISTÓRIA..., c2014), o distrito foi denominado Nossa Senhora da Boa Viagem do Curral Del Rei em 1750. A cidade de Belo Horizonte foi então projetada pela Comissão Construtora sobre o Arraial, que foi quase totalmente demolido, de acordo com o Arquivo Público da Cidade de Belo Horizonte (ARREGUY; RIBEIRO, 2008). Segundo Arreguy e Ribeiro (2008), quando em 1891 o governo Estadual, presidido por Augusto de Lima, decidiu transferir a capital (até então Ouro Preto) para outro local, criou uma Comissão de Estudos. Esta Comissão indicou dentre cinco localidades aquela que seria a mais adequada para a construção da nova capital, e assim a sede do governo foi transferida para Belo Horizonte (ARREGUY; RIBEIRO, 2008). A planta cadastral do antigo Curral Del Rei pode ser vista abaixo (FIGURA 8).

Figura 8 – Planta cadastral do antigo arraial Curral Del Rei sobreposta à planta da nova capital, onde se vê a área do parque e desconsidera-se o traçado urbano que já existia



Fonte: FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, 1997, p. 22.

Como lembra Barreto (1996), a decisão de escolher o Arraial como a nova capital, cujo nome seria Belo Horizonte, se deu principalmente por suas condições topográficas. Um dos propugnadores da nova capital foi o coronel Júlio Barreto César Pinto Coelho, que visitou o local e se encarregou de fazer pessoalmente uma planta topográfica em 1890. Barreto (1996) conta que junto à carta topográfica havia informações detalhadas como:

Belo Horizonte é um arraial de cerca de 600 (?) almas, atualmente, situado

mais ou menos a 0°40'7" long. Do Rio de Janeiro, 19°52' lat. Sul. Sua altitude regula por 876 m. e a temperatura média do lugar por 16° C. Clima temperado. [...] A povoação é suprida de excelente água, própria para todos os usos domésticos, em quantidade suficiente para população de mais de 30.000 almas, sendo fácil, se preciso aumentar o suprimento à vontade, por haver nas proximidades vários outros cursos de boa água potável [...] (BARRETO, 1996, p. 234)

Nota-se que o local escolhido é repleto de cursos de água que, com o passar dos anos, foram sendo canalizados para dar lugar a modernização da cidade. No processo de urbanização, diversos rios e córregos foram “escondidos” ao longo de décadas. Alguns transcorriam livremente pelo centro da cidade, inclusive dentro do Parque Municipal Américo Renné Giannetti (PMARG), como o córrego do Acaba Mundo. Onde hoje é o Parque Municipal – Parque Américo Renné Giannetti – outrora fora uma das principais chácaras da cidade, que tinha nas imediações o atual bairro Floresta, e cujo proprietário era um certo capitão Basílio Maria de Araújo Viana (BARRETO, 1996). Ainda, conforme o autor, a chácara pertenceu depois a Guilherme Ricardo Vaz de Melo antes de ser desapropriada pela Comissão Construtora da nova capital, em 1894.

Segundo a prefeitura de Belo Horizonte (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021), o Parque Municipal foi inaugurado em setembro de 1897, portanto antes da capital mineira, tornando-se assim o patrimônio ambiental mais antigo da cidade. Dados municipais confirmam que o parque, com 182 mil metros quadrados, desempenha um papel importante no equilíbrio entre urbanização e meio ambiente. O arquiteto e paisagista francês Paul Villon foi o responsável pelo planejamento do parque, usando tanto espécies nativas quanto exóticas em sua composição florística estabelecida entre várias alamedas. Além da diversidade da flora, o parque é considerado um refúgio para a fauna de pequeno porte.

De acordo com Guimarães (2005), o parque começou a ser construído em 1894, na antiga Chácara do Sapo, sendo inaugurado três meses antes da capital. O autor, que diz ter crescido dentro do parque, viu grandes árvores no entorno sendo mutiladas ao longo dos anos, como as plantas dos Ficus da avenida Afonso Pena.

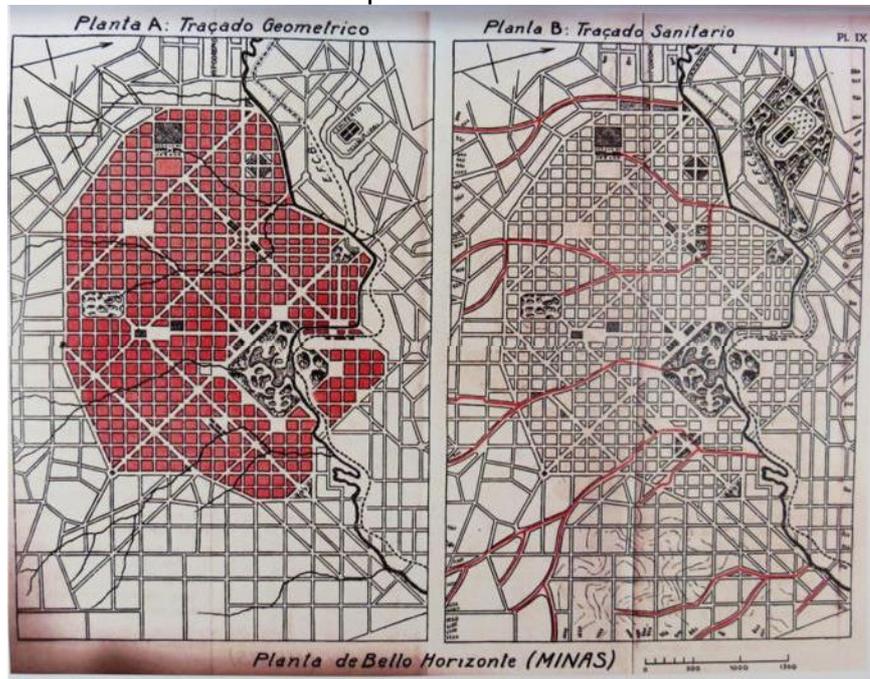
Na década de 60, de acordo com Guimarães (2005), houve outras mutilações quando da construção do prédio do orquidário. Hoje restaram pouco mais de 180 mil metros quadrados que, para o autor: “Dá para curtir as mais de três mil árvores, as 35 nascentes, os três lagos, os mais de 50 tipos de aves, os micos-estrela

fazerem micagem” (GUIMARÃES, 2005, p.16). Naquela época, Guimarães conta, o rio Arrudas cruzava o parque imponente, separando-o ao meio. De vez em quando o rio extrapolava e, depois da enchente fazia um redemoinho perto da ponte. O autor conta ainda que muitos brinquedos de crianças abonadas desciam lá da Serra, do córrego do Leitão, em meio a água suja. Hoje as águas do rio não passam mais pelo parque, mas sim por baixo do asfalto. Pela ótica de Vilhena (2005), o parque já era considerado um aspecto importante desde o planejamento de Belo Horizonte, tanto que já aparecia na primeira planta da cidade, no traçado rígido da zona planejada e no traçado sanitário da época (FIGURA 9).

Segundo Borsagli (2016), o local para implantação da nova capital era conhecido por sua fartura de nascentes e córregos, por isso foi escolhido. O autor fala da importância da percepção de que há uma imensa ‘caixa d’água’ sob nossos pés, infelizmente coberta de concreto e asfalto, escondida há quase duas gerações. A principal drenagem da zona planejada de Belo Horizonte é o ribeirão Arrudas e seus afluentes. Borsagli (2016) descreve o Arrudas como:

O ribeirão Arrudas com bacia abrangendo uma área de 20.600 ha, dos quais 16.200 pertencem ao município de Belo Horizonte (atravessada por 37 quilômetros do ribeirão), tem suas nascentes localizadas nas vertentes da Serra do Rola Moça, obrigando parte dos mananciais fornecedores de água para os municípios de Belo Horizonte a alguns da região metropolitana desde 1910. (BORSAGLI,2016, p. 27)

Figura 9 – Contraposição do traçado da zona planejada e o traçado sanitário proposto por Saturnino de Brito. O Parque Municipal Américo Renné Giannetti já constava na planta



Fonte: BORSAGLI, 2016, p. 106.

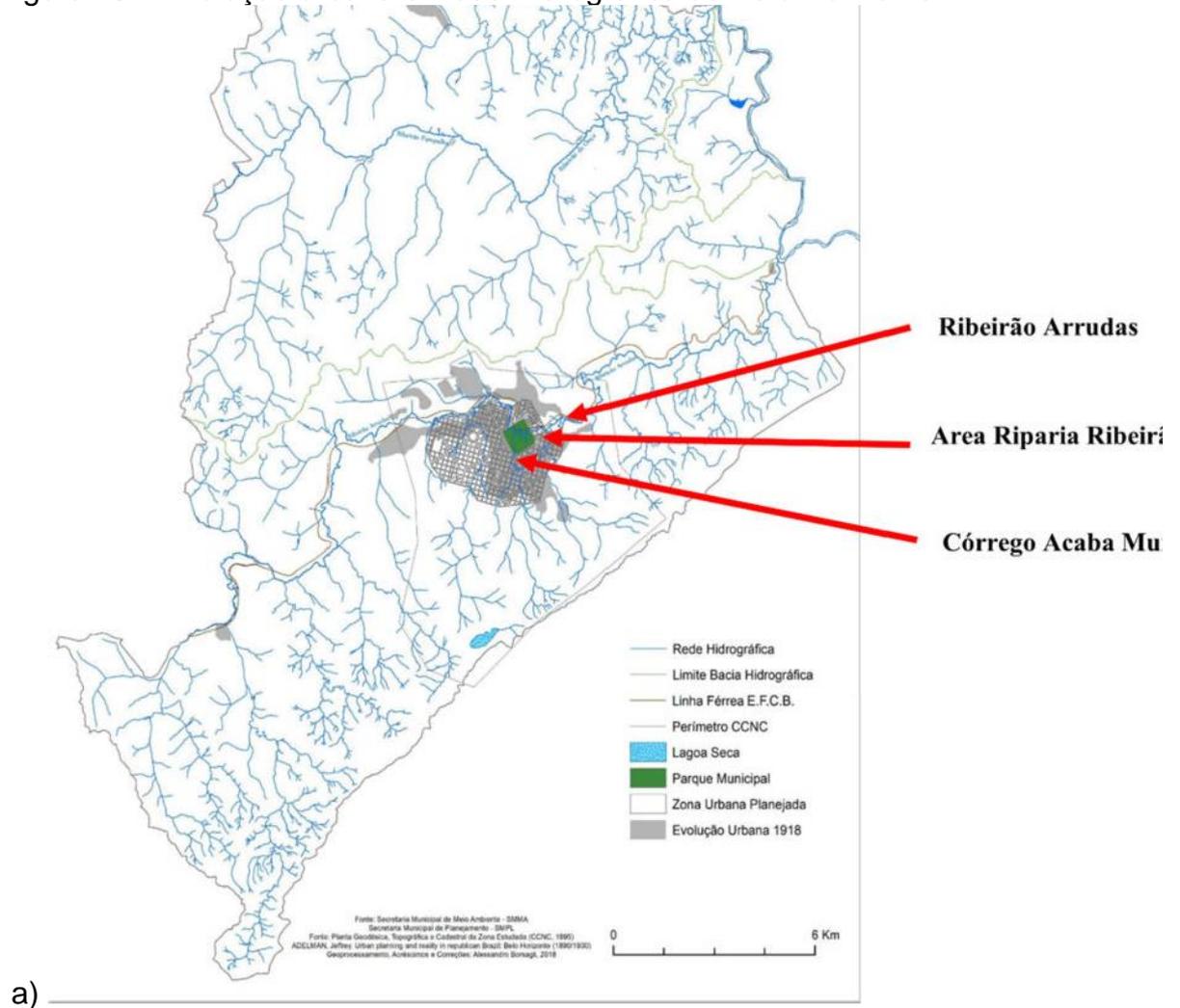
Ao longo de todos esses anos o parque teve suas dimensões reduzidas cobrindo originalmente uma área de 600 mil m<sup>2</sup>, (FIGURA 10A) foi reduzido para 182 mil m<sup>2</sup> (FIGURA 10B), de acordo com a prefeitura (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2017), devido à intensa pressão urbanística e imobiliária resultando na total impermeabilização do seu entorno incluindo as vias e o adensamento de edificações. O Parque Municipal foi destinado a ser a mata riparia do Ribeirão Arrudas localizado na sua várzea de inundação (FIGURA 10A e FIGURA 11)

Percebe-se a riqueza de oferta de água no local escolhido para a nova capital. O autor destaca também que em 1893, a comissão construtora descreve o então arraial de Belo Horizonte na forma de um 'T' em projeção horizontal, encravado entre as serras do Curral e da Contagem. O arraial encontrava-se ainda justamente entre a encosta que separa as bacias dos córregos do Acaba Mundo e do Leitão, sendo escolhido como a melhor opção da região para se edificar a capital, de acordo com Borsagli (2016).

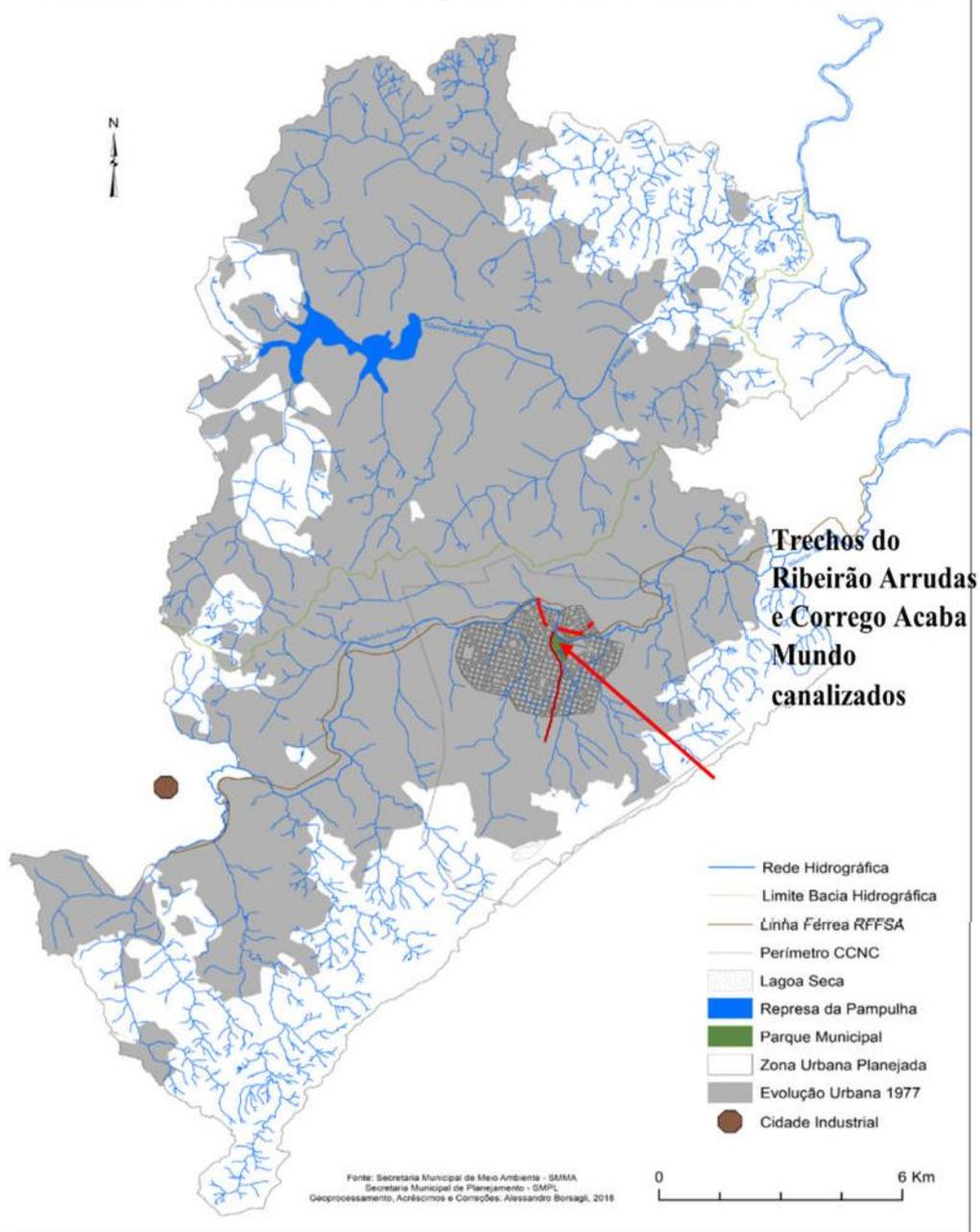
Dentre os cursos d'água afluentes do ribeirão Arrudas, destaca-se a importância do córrego do Acaba Mundo neste estudo, sendo o principal que passa dentro do Parque Municipal (FIGURA 10, FIGURA 11). Portanto, o parque Municipal também é zona riparia do córrego Acaba Mundo, (FIGURA 10A). Borsagli (2016) relata que as nascentes do Acaba Mundo estão nas vertentes da Serra do Curral, atualmente explorado pela mineradora Lagoa Seca (FIGURA 10). De acordo com o autor, o percurso do rio em canal aberto desde a nascente até o início do canal coberto é de 1.500 metros. Assim, ele continua seu curso pelas atuais avenidas Uruguai e Nossa Senhora do Carmo, passando também pelas ruas Outono, Grão Mogol e Professor Moraes, seguindo depois pela avenida Afonso Pena, e finalmente encontrando o ribeirão Arrudas próximo ao parque Municipal (BORSAGLI, 2016).

Ainda, seguindo o curso do Acaba Mundo, a retificação das obras de canalização do córrego em 1928 contava com a construção do canal cruzando a avenida do Contorno com a rua Paraibuna, e depois foi canalizado seu principal afluente, o córrego do Gentio, entre a avenida do Contorno e a rua Antônio de Albuquerque. O início da canalização do Acaba Mundo se deu na rua Outono, sendo que em frente ao antigo Largo da Boa Viagem se 'esconde' uma galeria feita de tijolos e muros de arrimo onde era o antigo leito do córrego (BORSAGLI, 2016). O canal tinha 1.550 metros de extensão passando por toda a rua Paraibuna e a avenida Afonso Pena até os limites do parque (FIGURA 10B, FIGURA 11), onde se encontrava a cachoeira do córrego (FIGURA 12), desaguando no ribeirão Arrudas pouco depois.

Figura 10 – Evolução urbana e Rede Hidrográfica de Belo Horizonte



## Evolução Urbana e Rede Hidrográfica de Belo Horizonte (1964/1977)



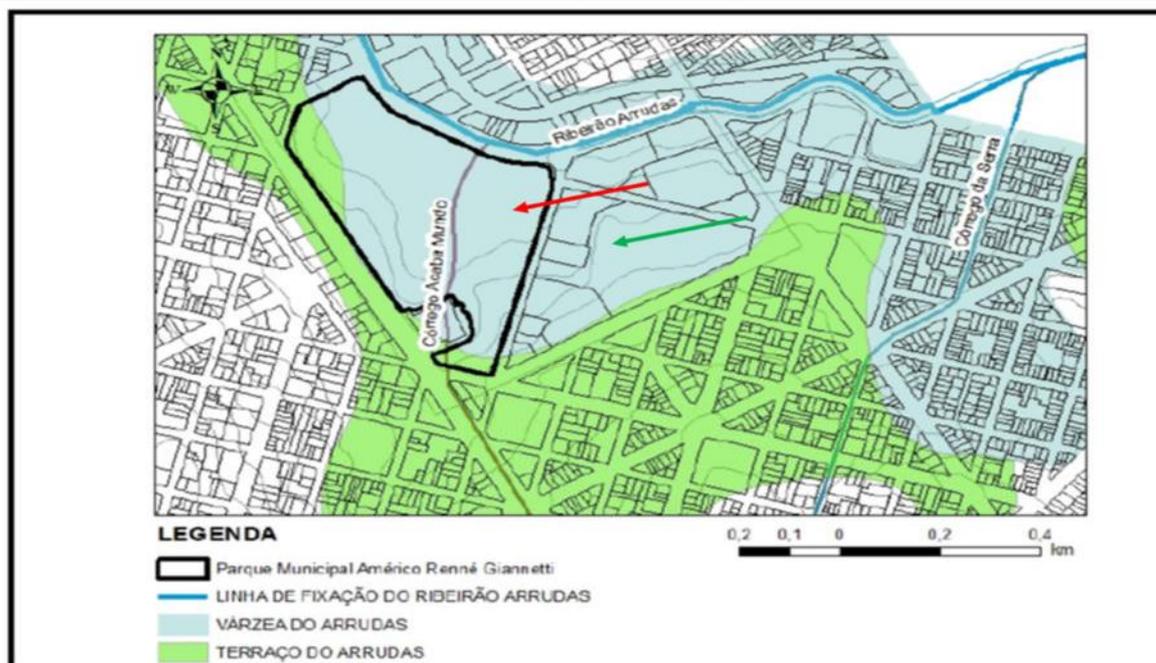
b)

Legenda: a) 1898-1918 (BORSAGLI, 2019, p.150)

b) 1964- 1977 com destaque para o Parque Américo Renné Giannetti (BORSAGLI, 2019, p.198)

Fonte: Adaptado de BORSAGLI (2019).

Figura 11 – Várzea do Arrudas. Parte do trajeto do córrego Acaba Mundo passando pelo Parque Américo Renné Giannetti (seta vermelha) e desaguando no ribeirão Arrudas. Ao lado (seta verde) Escola de Medicina da UFMG

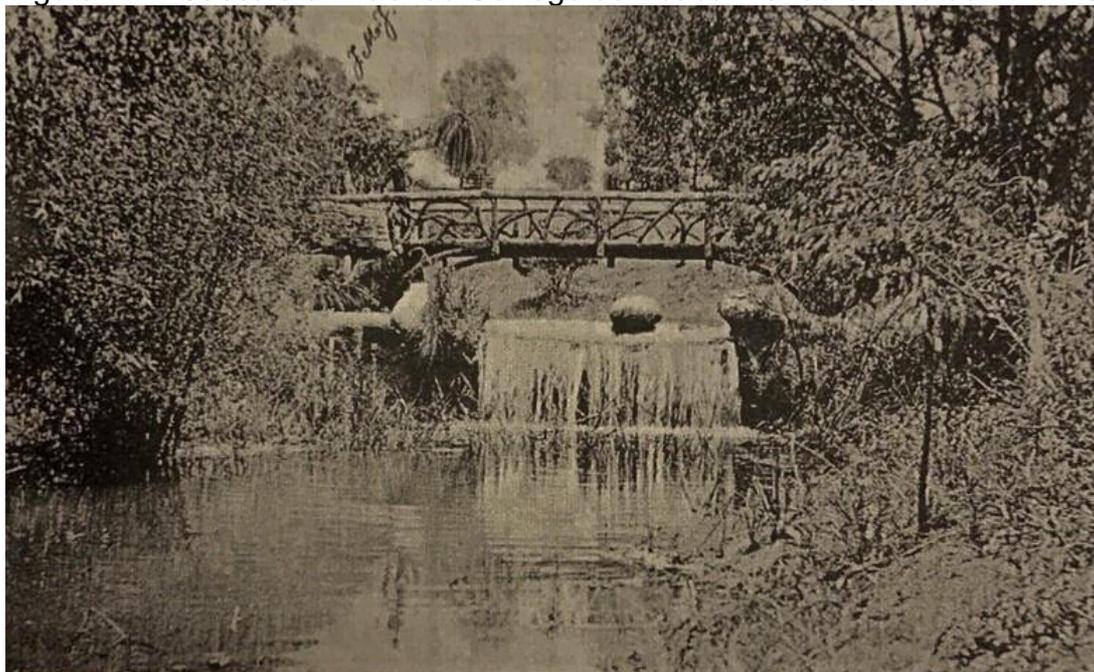


Fonte: PRODABEL, 2014. Adaptação do autor.

Fonte: Adaptado de AMARAL, 2015, p.116

Assim, o parque constitui zona riparia do Ribeirão Arrudas e do Córrego Acaba Mundo. Os planejadores optaram pelo parque às margens da principal avenida na área central da nova capital – Avenida Afonso Pena – não escolhendo um local mais afastado, mais usual. Teriam, portanto, que desapropriar a fazenda ali existente, conhecida como “Chácara do Sapo” e pertencente ao antigo Arraial Curral Del Rey. O sugestivo nome à época já suscita que ali era uma área facilmente alagada, visto que deveria ser comum avistar muitos desses anfíbios.

Figura 12 – Cascata artificial do Córrego do Acaba Mundo dentro do PMARG



Fonte: BORSAGLI, 2016, p. 95

Perto da conclusão das obras que canalizaram os córregos do Leitão e do Acaba Mundo, os construtores deram início à rápida canalização de seus afluentes e também uma parte do córrego da Serra, já que eles estavam dentro da área planejada da cidade. Inclusive este córrego da Serra, como afirma Borsagli (2016), foi o primeiro manancial destinado ao abastecimento de água da capital, e foi canalizado para a expansão do bairro Santa Efigênia, onde ele corria livre, passando pelos antigos pastos do velho arraial, ocorrendo a canalização também do córrego das Mangabeiras, para reforçar o abastecimento de água de Belo Horizonte.

Desde que começou a ser canalizado em 1924, o ribeirão Arrudas continuou saindo de seu leito e invadindo a área de várzea, antes ocupada por ele naturalmente. A canalização estendida ainda na década de 90 até a confluência do córrego do Ferrugem, foi subdimensionada, acarretando constantes enchentes até hoje em dia. Além disso, a própria canalização do Arrudas na região do Barreiro aliada ao crescimento da cidade foram cruciais para o aumento da vazão do ribeirão. O crescimento acelerado da capital e a intensa impermeabilização e canalização de seus cursos d'água agravou ainda mais este problema, ocasionando grandes enchentes, como nos anos de 1947, 1963, 1970, 1983, 1987, 1990, 2002, 2008 e

2010, dentre outras (AS PRECARIIDADES..., 2011). Importante ressaltar, segundo este autor, que os fundos de vale estão mais sujeitos às inundações, pois fazem parte do percurso natural das águas, e que essas áreas ignoram os limites impostos pelo homem, seguindo adiante seu fluxo original.

Borsagli (2016) recorda que as canalizações seguiram por décadas, e quando o coletor da bacia do Arrudas foi concluído passou a levar parte dos esgotos da cidade para o ribeirão, sendo então despejados próximo ao Parque Municipal, por onde corria outro córrego, o do Acaba Mundo.

Para Borsagli (2016), a cidade vivia uma guerra contra os elementos naturais, especialmente as águas, que eram vistas como corpos estranhos no espaço urbano, e até mesmo parte da população acreditava que tais canalizações na zona planejada livrariam virtualmente a cidade das enchentes e das doenças já ao fim da gestão Juscelino Kubitschek. Nesta época, completa, deu-se início a um crescimento urbano desordenado, com a verticalização do centro, o fortalecimento da indústria e do comércio, culminando por fim na degradação dos cursos d'água no meio urbano.

Em todo esse contexto, o parque é hoje uma das áreas de preservação mais visitadas da cidade, não só pela facilidade de acesso na região central, mas também por sua beleza natural, patrimônio histórico e conforto bioclimático. Ainda conforme a prefeitura (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021), desde a sua criação o parque já foi moradia de Paul Villon (arquiteto paisagista francês), Aarão Reis (engenheiro chefe da Comissão Construtora) e em 1924 do governador do Estado Olegário Maciel. Consta ainda que a arborização se deu com o transplante de grandes árvores trazidas de outras partes da cidade, e de mudas provenientes de dois viveiros criados por Paul Villon para esta finalidade. Ao longo dos anos o parque foi perdendo espaço, e a partir de 1905 deu-se início às construções do Centro de Saúde do Estado, da Faculdade de Medicina, do Colégio Imaco e da Moradia Estudantil Borges da Costa.

No início do século XX diversos eventos culturais e esportivos eram realizados no parque, como competições de natação nas lagoas, dentre outras. Já na década de 20, a região do parque municipal era um ponto habitual de encontro de intelectuais eruditos, tais como Pedro Nava, Carlos Drummond de Andrade e Emílio Moura. Nos anos 30, mais construções colaboraram na diminuição do parque, como o Teatro Francisco Nunes, o Palácio das Artes, a extensão da rua Pernambuco (atual

Alameda Ezequiel Dias) e Cidade Universitária (hoje Fundação Hemominas, Hospital Semper e Hospital da Previdência, além de outros). O movimento Modernista também chega à nova capital mineira, quando vários eventos ao ar livre são realizados no parque, e os anos 40 são marcados por encontros de intelectuais, como Otto Lara Resende, Fernando Sabino, Hélio Pelegrino e Paulo Mendes Campos.

Vilhena (2005) destaca que o parque municipal Américo Renné Giannetti nem sempre teve esse nome. Inicialmente era conhecido apenas por Parque Municipal, mas na década de 50 passou pela primeira grande reforma durante o mandato do prefeito Américo Renné Giannetti e, com o seu falecimento em 1954, o parque recebeu o seu nome. Nesta época foram feitas reformas na recuperação dos jardins, no tratamento das águas, uma fonte luminosa foi instalada, as alamedas foram asfaltadas e foi construída uma “concha acústica”. Finalmente foram inaugurados o Orquidário Municipal e o Palácio das Artes nos anos 60 e 70. O Instituto Estadual do Patrimônio Histórico e Artístico de Minas Gerais – IEPHA/ MG – concede em 1975 o tombamento de todo o conjunto paisagístico e arquitetônico do parque, proibindo novas construções a partir desta data. Desde então o parque tem passado por obras de manutenção, como o plantio de novas espécies arbóreas, adequação dos espaços à acessibilidade universal, novos canteiros revitalizados, além de outras de acordo com as necessidades vigentes.

Segundo Borsagli (2016), o ribeirão Arrudas faz parte dos mananciais que abastecem de água a capital mineira e sua região metropolitana desde 1910. Já o córrego da Serra tem suas nascentes na Serra do Curral, e é considerado o primeiro manancial a fornecer água para Belo Horizonte (BORSAGLI, 2016). Este córrego desce a serra, passando por vários bairros até desaguar no Arrudas em frente à estação do metrô de Santa Efigênia. Com nascentes na mesma Serra do Curral está o córrego do Acaba Mundo, no local onde se situa a Mineração Lagoa Seca, de acordo com Borsagli (2016). O córrego segue seu curso até a avenida Afonso Pena, passa dentro do parque Municipal até desaguar no ribeirão Arrudas em seguida. Para entender como funciona hoje toda a área de drenagem do Arrudas no local escolhido para a pesquisa, antes é preciso fazer uma breve cronologia de como os rios da cidade foram sendo excluídos da vida da população ao longo dos anos. Na imagem a seguir

(ANEXO A) é possível observar a cronologia dos cursos d'água em Belo Horizonte à medida que foram sendo canalizados.

Borsagli (2016) nos conta que por volta de 1928 já estavam quase concluídas as canalizações dos córregos do Acaba Mundo e do Leitão na área planejada da cidade, começando também a canalização do córrego da Serra neste mesmo período. De acordo com o autor, este último corria livremente pelas residências no antigo arraial Curral Del Rei, porém, acabou sendo canalizado devido ao crescimento do bairro Santa Efigênia na altura da avenida do Contorno com a rua Maranhão. Até o final de 1929, com as canalizações dos cursos d'água, eles passaram a fazer parte da paisagem urbana, embelezando a cidade, assim como as árvores deixavam ruas e avenidas mais bonitas, dando destaque à Belo Horizonte dentre todas as capitais do país (BORSAGLI, 2016).

Mas as canalizações também têm suas consequências nefastas. O autor destaca que na primeira metade da década de 1930 houve um grande transbordamento do córrego do Acaba Mundo pouco depois de sua canalização, demonstrando o quão ineficaz é este modelo de confinar as águas em canais artificiais cobertos por pavimentação, escondendo toda sua planície de inundação natural. Uma das tentativas de evitar mais transbordamentos foi desviar parte das águas do córrego do Acaba Mundo para dentro da bacia do córrego da Serra, fazendo com que a água excedente desaguasse a jusante da avenida do Contorno, o que possivelmente diminuiria as águas que chegavam no ribeirão Arrudas em frente ao parque Municipal (BORSAGLI, 2016). No entanto, segundo o autor, os administradores da época não presumiram o aumento da velocidade que as águas adquiriam até chegarem à drenagem principal, o que não impediu transbordamentos posteriores. Houve uma enchente que preencheu as vias de lama, e o material que descia com as águas na estiagem provocava assoreamento dos canais e dos lagos do parque Municipal, pois este recebia diretamente as águas do córrego do Acaba Mundo, obrigando a prefeitura a desassorear os lagos continuamente (BORSAGLI, 2016).

A crise hídrica atual que assola o país, e que, conseqüentemente, atinge Belo Horizonte, reforça a necessidade do entendimento de como funcionam as bacias hidrográficas e como o direcionamento das águas dos rios da capital mineira para o rio das Velhas é fundamental no uso da água para todo o ecossistema. É necessário compreender a importância do Parque neste contexto, uma vez que ele está inserido

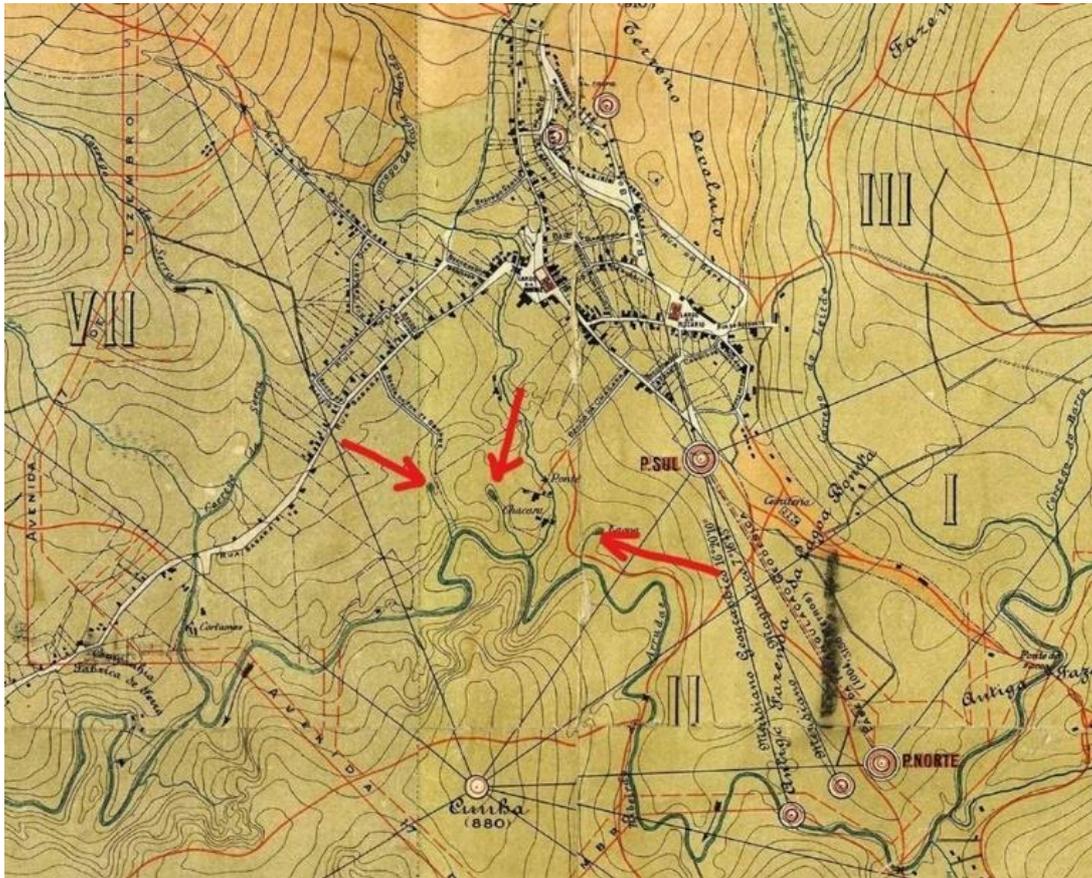
completamente na área de várzea do ribeirão Arrudas, no centro de Belo Horizonte, e em épocas de chuvas fortes é a única área na região que não sofreu inundações. Nesta região, a Escola de Medicina da UFMG se insere na mesma área de várzea do Arrudas, que também vem sendo protegida das inundações. A Escola de Medicina ocupa uma área que antes fazia parte do Parque Municipal e depois foi cedida à expansão da cidade. A Comissão Construtora da Nova Capital – CCNC – já havia identificado no início do planejamento de Belo Horizonte, nos anos de 1895, diversas nascentes na microbacia do Arrudas (BORSAGLI; CASTRO, 2021). À mesma época, a CCNC identificou três nascentes (FIGURA 14) a partir da planta geodésica de 1895 (FIGURA 13) no que seria a área original do Parque Municipal (hoje localizadas no seu entorno), duas na margem sul do Arrudas e uma na altura da avenida Afonso Pena em frente ao parque (RELATÓRIOS DE PREFEITOS, 1899).

Figura 13 – Planta geodésica da nova capital, de 1895



Fonte: Adaptado de APCBH acervo Borsagli

Figura 14 – No detalhe as três nascentes na área original do parque, hoje no entorno



Fonte: Adaptado de APCBH acervo Borsagli

Percebe-se, portanto, que na área original do parque havia nascentes importantes para a cidade. No entanto, o processo acelerado de urbanização as deixou em segundo plano, sob o asfalto e construções. Nesse sentido, à medida que a poluição aumentava e as várzeas eram ocupadas, os elementos da natureza eram vistos como um empecilho ao desenvolvimento da cidade, o que fez com que a sociedade desprezasse os rios urbanos (BORSAGLI, 2016). O autor cita que em Belo Horizonte, bem como em outras cidades do país, prevalecia o processo de diluição como tratamento para purificação das águas, o que fez com que a quantidade de esgotos despejados superasse a vazão do ribeirão Arrudas já naquela época. E assim as águas poluídas continuavam sendo canalizadas.

Borsagli e Castro (2021) acreditam que a partir do momento que o córrego do Acaba Mundo assumiu novo protagonismo diante do crescimento da cidade, ele

passou a ser controlado pela racionalidade técnica imposta sobre o sítio, uma vez que os planos políticos sempre predominavam sobre os urbanísticos. Os autores concordam que desse modo a grade ortogonal da nova capital não harmonizava com um relevo que precisaria ser modificado usando normas que controlassem um ambiente para que ele fosse mais adequado aos interesses e necessidades da sociedade. Nem que para isso precisasse romper profundamente com o meio físico, sua paisagem e rede hídrica. Sendo assim, o córrego do Acaba Mundo foi o primeiro curso d'água a sofrer uma intervenção fluvial, o que mais tarde foi aplicado aos outros cursos d'água dentro do perímetro urbano da nova capital (BORSAGLI; CASTRO, 2021). O período entre 1940 e 1960, de acordo com os autores, foi marcado por intensa expansão urbana e populacional na capital, com impermeabilizações e diversas alterações no regime hídrico, principalmente na porção do médio e baixo Arrudas, trazendo frequentes transbordamentos de fundo de vale. Nessa mesma época crescia também a poluição dos cursos d'água, pois não havia interceptores de esgotos, e os córregos recebiam os despejos *in natura* (BORSAGLI, 2016). Para Borsagli e Castro (2021), o córrego Acaba Mundo sucumbiu à invisibilidade ao longo dos anos:

A cobertura do córrego do Acaba Mundo e o seu desaparecimento da paisagem urbana podem ser consideradas emblemáticas para os estudos das intervenções fluviais no município de Belo Horizonte, uma vez que da sua bacia irradiaram-se para os demais afluentes do ribeirão Arrudas as técnicas e infraestruturas planejadas e empregadas nas diversas intervenções ocorridas a partir do ano de 1897. (BORSAGLI; CASTRO, 2021 p. 580)

Todavia, já no ano de 1941, o ribeirão Arrudas estava canalizado dentro da zona planejada da capital, sendo uma preparação para a abertura de uma grande avenida radial – a avenida Tereza Cristina. Os esgotos ainda eram lançados nos lagos do parque Municipal no ano de 1953, quando foi feito um canal coberto para continuar a receber as águas poluídas do córrego do Acaba Mundo e levando-as direto ao ribeirão Arrudas sem que fossem despejadas nos lagos do parque. Américo Renné Giannetti, então administrador da cidade em 1954, concluiu após um estudo que seria conveniente lotear uma boa parte da área antes designada ao parque dentro da zona planejada, desprezando mais uma vez as águas da urbe (BORSAGLI, 2016). No

entanto, após a morte repentina de Giannetti em 1954, o parque recebeu seu nome em homenagem: parque Américo Renné Giannetti. Na década de 1960 alguns cursos d'água na zona suburbana da capital ainda resistiam em seu leito natural, mas não por muito tempo, pois o autor lembra que a urbanização crescia rapidamente no sentido de suas cabeceiras.

A ideia de construir barragens para conter as cheias, na opinião de Borsagli (2016), até hoje são utilizadas como solução para as enchentes urbanas. Porém, o autor destaca que a criação de parques ciliares já havia sido pensada anteriormente e, se tivesse se concretizado, certamente traria mais benefícios para o regime hídrico e para a população. Ele ressalta que em 1962, apesar do caos do trânsito na cidade, havia uma crítica aos Ficus plantados ao longo da avenida Afonso Pena (FIGURA 15), cujos motoristas pediam que tais árvores fossem retiradas na faixa central da avenida, e em seu lugar instalassem estacionamentos, muito “mais úteis”.

Figura 15 – Diversas árvores do gênero Ficus na Avenida Afonso Pena em 1930



Fonte: curraldelrei (2012)

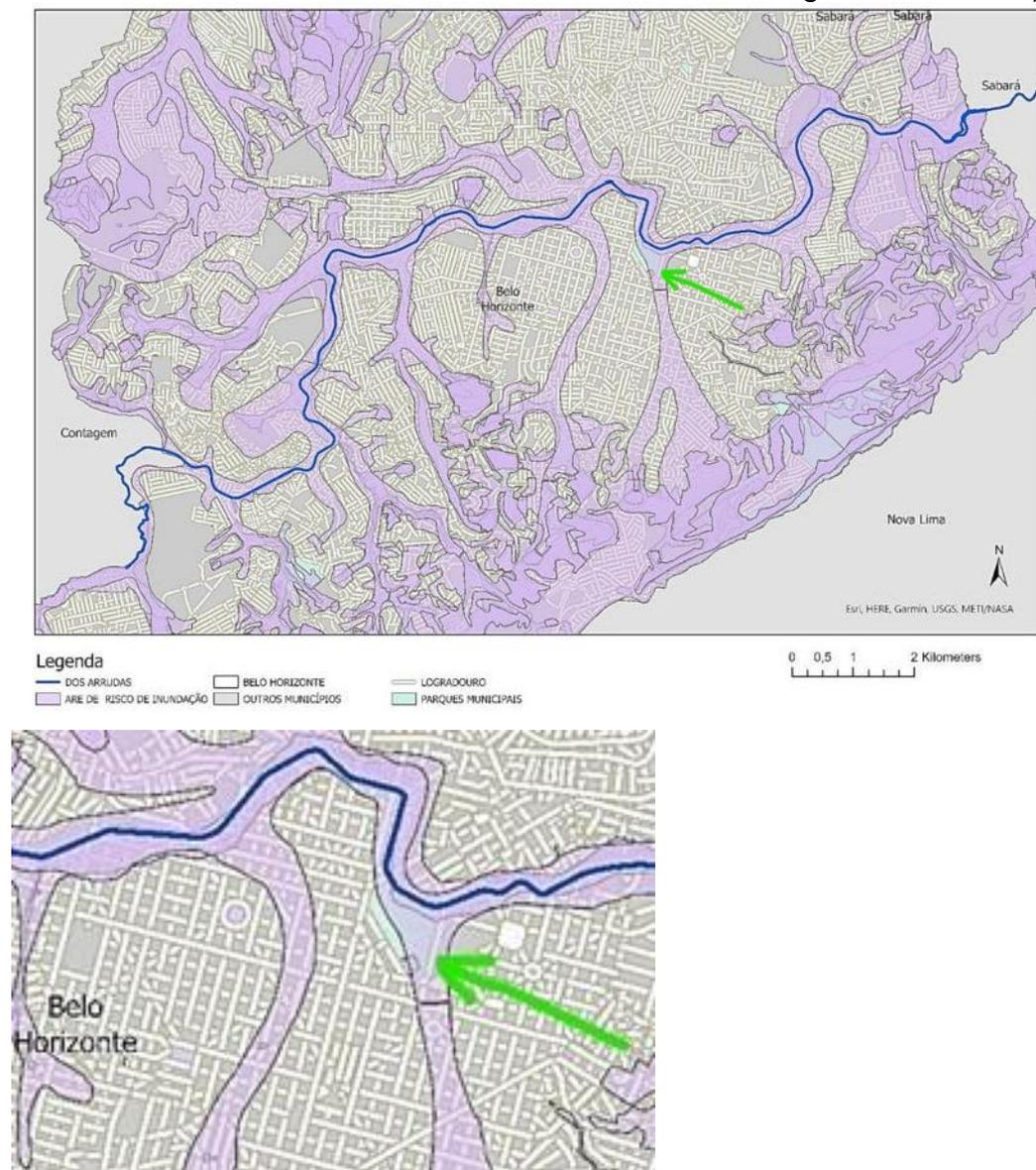
Percebe-se aqui a visão desenvolvimentista que prevalecia à época. No ano seguinte, com o crescimento acelerado da cidade, o córrego do Acaba Mundo passa por conta das novas obras, segundo Borsagli (2016), já que o asfalto se torna sinônimo de desenvolvimento urbano. A essa altura, o Acaba Mundo dentro da cidade

já se encontrava biologicamente morto, visto que recebia uma quantidade imensa de esgotos de bairros e favelas próximos às nascentes. O pensamento vigente na administração da urbe era a canalização imediata no intuito de conter as enchentes, embora já se soubesse que esses canais ocupando as áreas de várzea causavam sérios danos ao regime hídrico de toda a bacia (BORSAGLI, 2016).

No final de década de 60, o córrego da Serra continuou sendo canalizado no sentido de suas cabeceiras, na Serra do Curral. Na mesma época, conforme Borsagli (2016), este córrego já bastante poluído teria sua captação de água paralisada, uma vez que as nascentes se localizavam dentro da área de exploração da mineradora Ferrobél. Podemos perceber que aos poucos as águas da cidade foram sendo substituídas por canais e asfalto, e o mesmo aconteceu com as áreas verdes remanescentes. O autor recorda que até 1981 cerca de 10% do ribeirão Arrudas estava canalizado, restando 90% que ainda corria em seu percurso natural. Entretanto, foi em 1983 que ocorreu uma grande enchente em Belo Horizonte, considerada a mais grave até então, quando boa parte da cidade planejada, por onde o Arrudas passava, foi destruída. Mesmo assim, as canalizações persistiram, impermeabilizando cada vez mais o solo e ocupando as áreas de várzea. Borsagli (2016) destaca como exemplo os anos 90, quando o ribeirão Arrudas foi acometido por mais intervenção, especialmente próximo as suas cabeceiras, repetindo os mesmos problemas de inundações e insalubridade. Inclusive, uma das canalizações acabou por transpor todo o turbilhão drenado pelo ribeirão para a cidade de Sabará, levando parte do problema para aquele município.

Assim como Borsagli (2016) faz questão de destacar em seu extenso estudo dos rios urbanos, a população e o poder público ainda enaltecem o asfalto, mediante o tamponamento da principal drenagem da zona planejada de Belo Horizonte. E ainda hoje, no ano de 2021, com mais uma grave crise hídrica à espreita, os cursos d'água continuam sendo cobertos e ignorados por todo o país. Diante o exposto, esta pesquisa reforça que a área de estudo está totalmente contemplada dentro da área de inundação do ribeirão Arrudas (FIGURA 16), sofrendo assim toda a influência da área de várzea, os serviços ecossistêmicos prestados naturalmente e ocasionalmente ressurgências de água em alguns pontos.

Figura 16 – Área de inundação do ribeirão Arrudas (parque Américo Renné Giannetti no detalhe da seta verde e na imagem aumentada)



Fonte: Adaptado de BH MAPS (2021).<sup>1</sup>

Como se sabe, o adensamento das edificações e ruas no entorno são características urbanas que reiteradamente influenciam a dinâmica natural do parque como um todo. Os afloramentos de água do parque estão catalogados pela prefeitura de Belo Horizonte (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2018). Por meio do projeto 'Preservação de Nascentes Urbanas', desenvolvido pela Secretaria Municipal de Meio

<sup>1</sup> PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **IDE BHGEO**. Belo Horizonte: PBH, 2021. 1 Mapa digital., color., Sem escala.

Ambiente e o Comitê de Bacias do Rio das Velhas e os subcomitês dos ribeirões Arrudas e Onça, já foram catalogadas mais de mil nascentes em Belo Horizonte.

A floresta urbana que vamos tratar situa-se como elemento que se insere no parcelamento intencional da paisagem da cidade de Belo Horizonte. O traçado da zona urbana de Belo Horizonte, em que Aarão Reis explicita o dimensionamento das ruas locais, dos bairros contidos nessa área, de forma que o calçamento ao longo das vias recebesse “a conveniente arborização”, definindo assim tal elemento como componente do tecido urbano da antiga zona urbana da capital do Estado de Minas Gerais (BARRETO, 1996; MACIEL, 1998; CASTRIOTA, 2009).

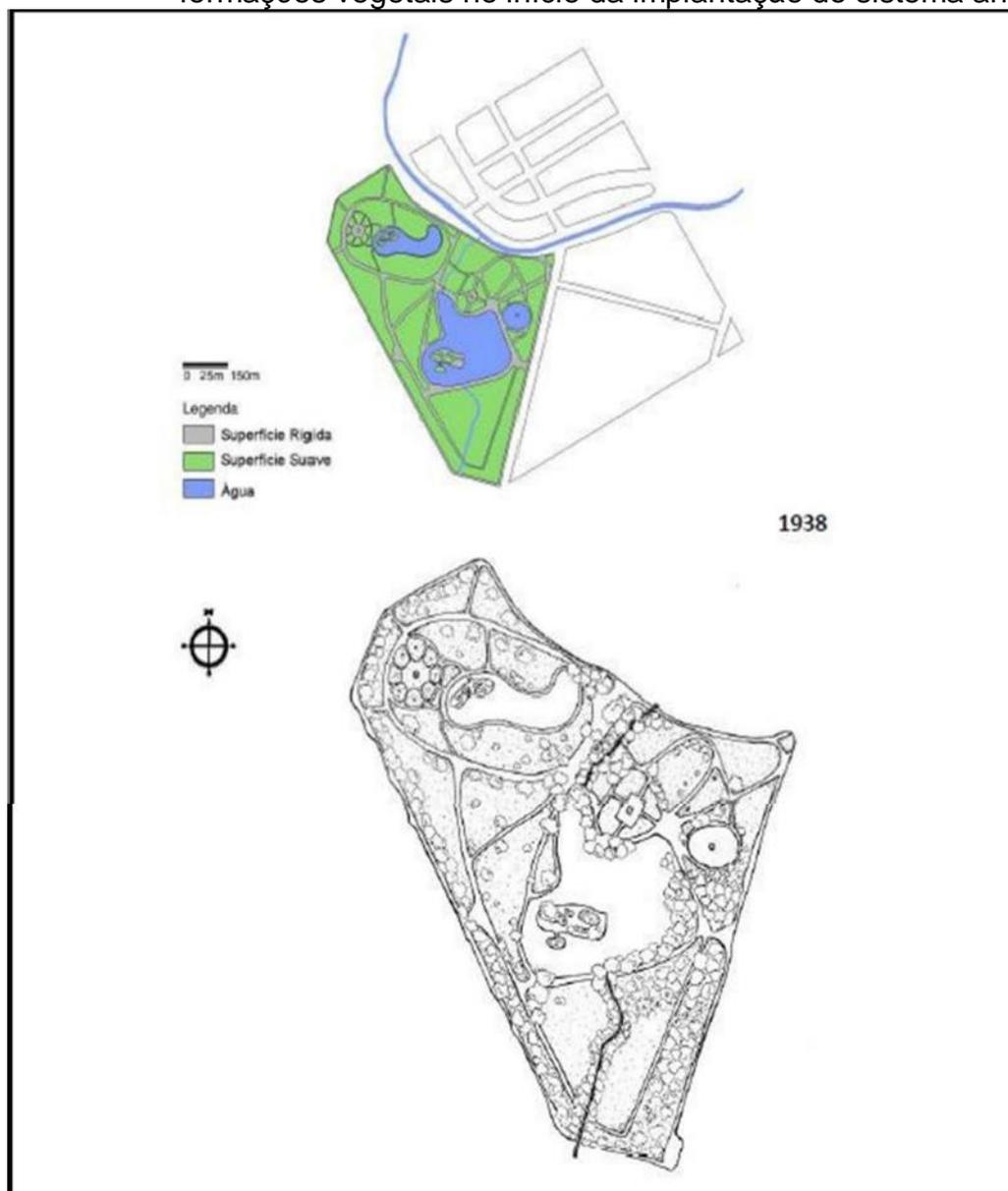
## **2.5 O estado funcional ecossistêmico do Parque Municipal Américo Renné Giannetti**

Como dito anteriormente, Belo Horizonte possui inúmeros parques urbanos, no entanto, escolhemos para estudo o parque Municipal Américo Renné Giannetti, por ser um importante reduto de afloramento de água, além de ser tombado, sendo a sua preservação essencial. Tal preservação é especialmente importante por estar na região central da cidade, sob impacto de diversas edificações em seu entorno, e tendo uma vegetação arbórea estruturada e antiga. Portanto, é fundamental estabelecer os indicadores bióticos e abióticos da funcionalidade dos serviços ecossistêmicos fornecidos por uma floresta urbana relacionados à vegetação, à drenagem da água e a ressurgência de águas. Através das imagens a seguir pode-se avaliar a perda vegetacional no Parque ao longo do tempo, comparando-se a situação vigente em 1938 no início da intervenção antrópica (FIGURA 17), e a composição das superfícies da área do parque e sua vegetação em 2014 (FIGURA 18).

O Parque Municipal encontra-se dentro de uma APP (Área de Preservação Permanente) e sofre os efeitos indesejáveis do processo de urbanização. A área do parque já constitui um sistema florestal urbano, com 277 espécies arbóreas e arbustivas em toda a área, de acordo com Neves (2007). Um dos mais importantes serviços ambientais fornecidos pelas APP, tanto em áreas naturais quanto em meio urbano, relaciona-se ao ciclo hídrico na promoção da infiltração e drenagem pluvial, o que contribui para a recarga dos aquíferos e diminui a ação das águas em sua

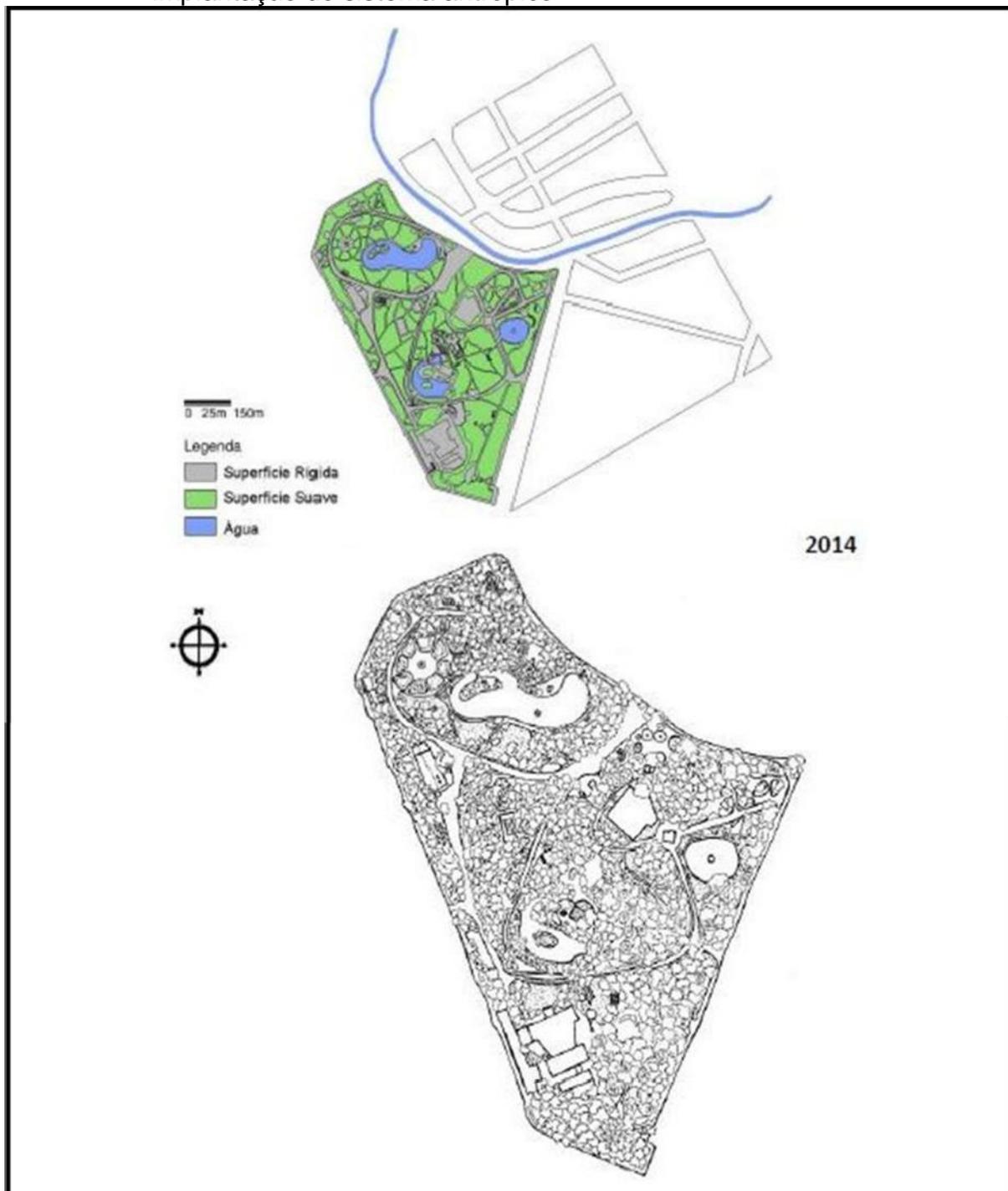
dinâmica natural, evitando enxurradas e inundações que afetam toda a sociedade. Daí a importância deste estudo em identificar qual o papel da água na floresta urbana sobre o microclima local, por meio do sombreamento da mata e a umidade do solo, buscando assim indicadores de recuperação urbana.

Figura 17 – Contraposição das superfícies da área do parque em 1938 e as formações vegetais no início da implantação do sistema antrópico



Fonte: acervo Borsagli (ilustração Priscila Lisboa de Paula)

Figura 18 – Contraposição das superfícies da área do Parque Municipal Américo Renné Giannetti em 2014 e as formações vegetais no início da implantação do sistema antrópico



Fonte: acervo Borsagli (ilustração Priscila Lisboa de Paula)

Um solo rico em matéria orgânica contém microrganismos decompositores de resíduos de plantas, podendo apresentar também restos de animais, além dos

minerais presentes naturalmente. Isso tudo pode contribuir para a fertilidade do solo e, todavia, ser uma fonte predominante de carbono terrestre (SILVA, *et al.*, 2013). Assim as substâncias húmicas do solo, formadas pela conversão de resíduos orgânicos por meio de microrganismos do solo e pela polimerização de compostos orgânicos em grandes moléculas, são capazes de resistir à degradação biológica e são responsáveis pela agregação do solo e formação de micro e macroporos, essenciais para condução da água e permeabilidade do solo (KIMURA; SCOTTI, 2016; KIMURA; BAPTISTA; SCOTTI, 2017; SANTOS; SCOTTI, 2018; BAIÃO, *et al.*, 2021)

Em face às mudanças climáticas em curso, é notório que o crescente aumento de CO<sub>2</sub> (Dióxido de Carbono), N<sub>2</sub>O (Óxido Nitroso) e CH<sub>4</sub> (Metano) têm colaborado consideravelmente para este cenário, ademais quando relacionados ao efeito estufa. Neto *et al.* (2005) concordam que cerca de dois terços desses gases são provenientes da queima de combustíveis fósseis e indústrias, e o restante de mudanças no uso do solo e atividades agrícolas. O autor destaca ainda a importância do sequestro de carbono orgânico pelo solo (com o acúmulo de matéria orgânica) sendo, inclusive, uma forma eficaz diante da concentração atmosférica de CO<sub>2</sub>.

Retornando ao ecossistema funcional, de acordo com Wang *et al.* (2004), o solo viabiliza importantes serviços ecossistêmicos, como a estabilidade e a fertilidade, porosidade e conteúdo da água no solo e o conforto bioclimático. Estes serviços ecossistêmicos são obtidos pela presença da matéria orgânica humificada no solo (KIMURA; SCOTTI, 2016; KIMURA; BAPTISTA; SCOTTI, 2017; SANTOS; SCOTTI, 2018; BAIÃO, *et al.*, 2021), produzida ao longo do tempo pela decomposição da biomassa vegetal. Quanto maior a árvore, mais biomassa vegetal, e no parque Municipal há inúmeras árvores de grande porte relevantes. Com relação a importância das árvores gigantes na floresta, Magnanini e Magnanini (2002) ressalta que o tamanho e o tempo de vida de cada ser vivo são determinados tanto pelas condições ecológicas de seu habitat (clima, ar, água, nutrientes, etc.), quanto pelos acidentes eventuais. Sendo assim, os mais idosos e gigantescos indivíduos vivos na superfície terrestre são vegetais e são árvores. O autor lembra que no Brasil há relatos desde o descobrimento de árvores colossais encontradas em nossa costa.

Magnanini e Magnanini (2002) destaca que havia certamente condições edáficas, hídricas e climáticas para que essas árvores gigantescas sobrevivessem.

Mas, infelizmente, a exploração florestal com a derrubada das florestas eliminou seus maiores e mais saudáveis exemplares arbóreos, resultando em uma devastadora erosão genética. Hoje restam indivíduos remanescentes em áreas florestais preservadas, parques e florestas urbanas. Algumas dessas espécies gigantes, importantes ecologicamente na manutenção do ciclo hídrico e no sequestro de carbono, podem ser vistas no parque municipal, como Peroba, Pau Brasil, Araucária, Pau Mulato, Castanheira, Cedro, Pau Ferro, Ficus e Assacu, só para citar algumas. De acordo com Vieira (2019), o parque apresenta grande biomassa arbórea, sendo importante na purificação do ar, sequestro de carbono e funções ecossistêmicas. A autora quantificou o estoque de carbono presente na biomassa arbórea do parque, considerando todas as árvores vivas e mortas, sendo que as maiores quantidades de carbono foram encontradas nos locais com maior concentração de árvores gigantes, pois quanto maior o diâmetro, maior a biomassa, o que influencia no estoque de carbono. Assim, as árvores mais antigas do parque se destacam com um melhor desempenho no sequestro de carbono, impactando positivamente os serviços ambientais nas áreas onde se encontram (VIEIRA, 2019).

### **3 MATERIAL E MÉTODOS**

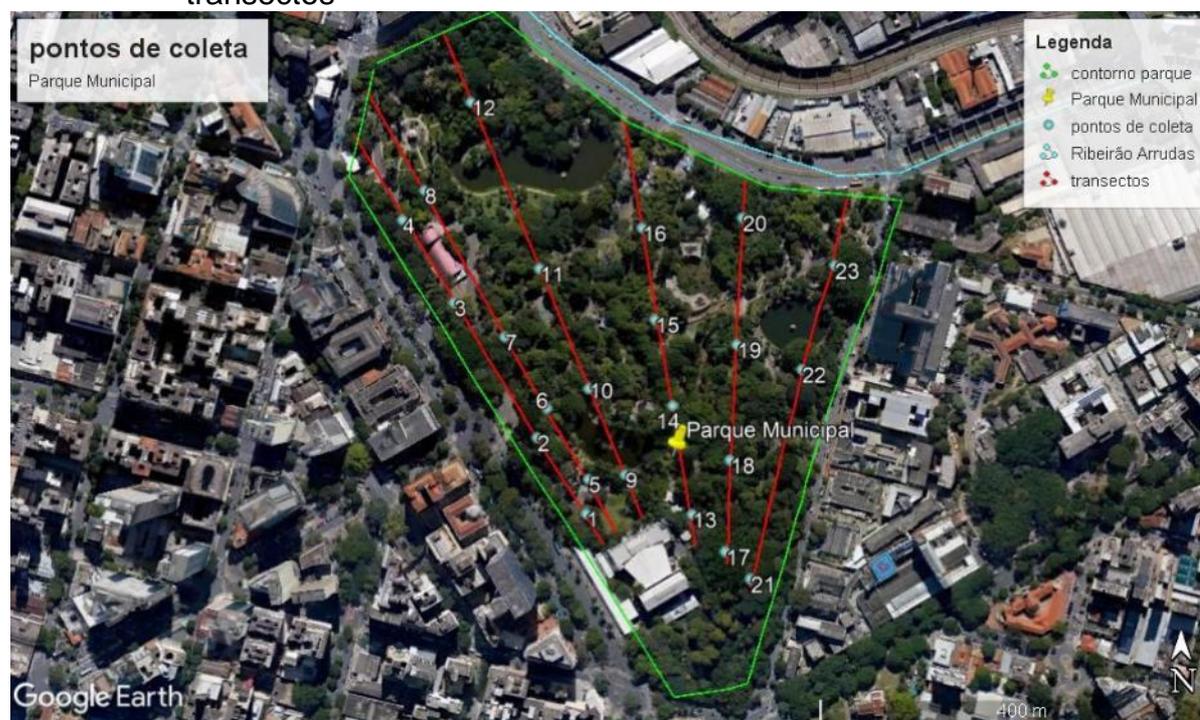
Para atingir os objetivos propostos, a metodologia utilizada foi baseada em uma pesquisa quantitativa com coletas de dados no Parque Municipal Américo Renné Giannetti, cujos resultados foram comparados com outras duas áreas no entorno: Faculdade de Medicina e uma área controle (Escola Pedro II). As coletas de dados ocorreram ao longo das duas estações (seca e chuvosa), como descrito a seguir.

#### **3.1 Localização e delineamento experimental**

As áreas de estudo correspondem às áreas de inundação do Ribeirão o Arrudas dentro do Parque Américo Renné Giannetti, localizado no centro de BH nas coordenadas 19°55'24"S e 43°55'59,56"O, com 182.000 metros quadrados (PREFEITURA DE BELO HORIZONTE, 2021) e elevação de 852 m, além da área externa (estacionamento) da Faculdade de Medicina na Av. Alfredo Balena, uma área

impermeabilizada, sob as coordenadas 19°55'32,46"S e 43°55'48,64"O e 861 m de elevação. Foi escolhida também uma área controle na mesma região, porém sem vegetação arbórea, a escola Pedro II sob as coordenadas 19°55'35,38"S e 43°55'47,32"O e com elevação de 863 m. A Faculdade de Medicina foi escolhida por ser uma área impermeabilizada com alguns indivíduos grandes da espécie arbórea *Ficus elastica*, e por estar localizada na mesma área de inundação do ribeirão Arrudas. Já a área controle está localizada em frente à Faculdade de Medicina, no entanto não possui qualquer tipo de vegetação arbórea, razão pela qual foi incluída no estudo. A seguir (FIGURA 19), mostra a área do parque com seus respectivos pontos de coleta distribuídos nos seis transectos.

Figura 19 – Área do parque e seus pontos de coleta devidamente enumerados nos transectos

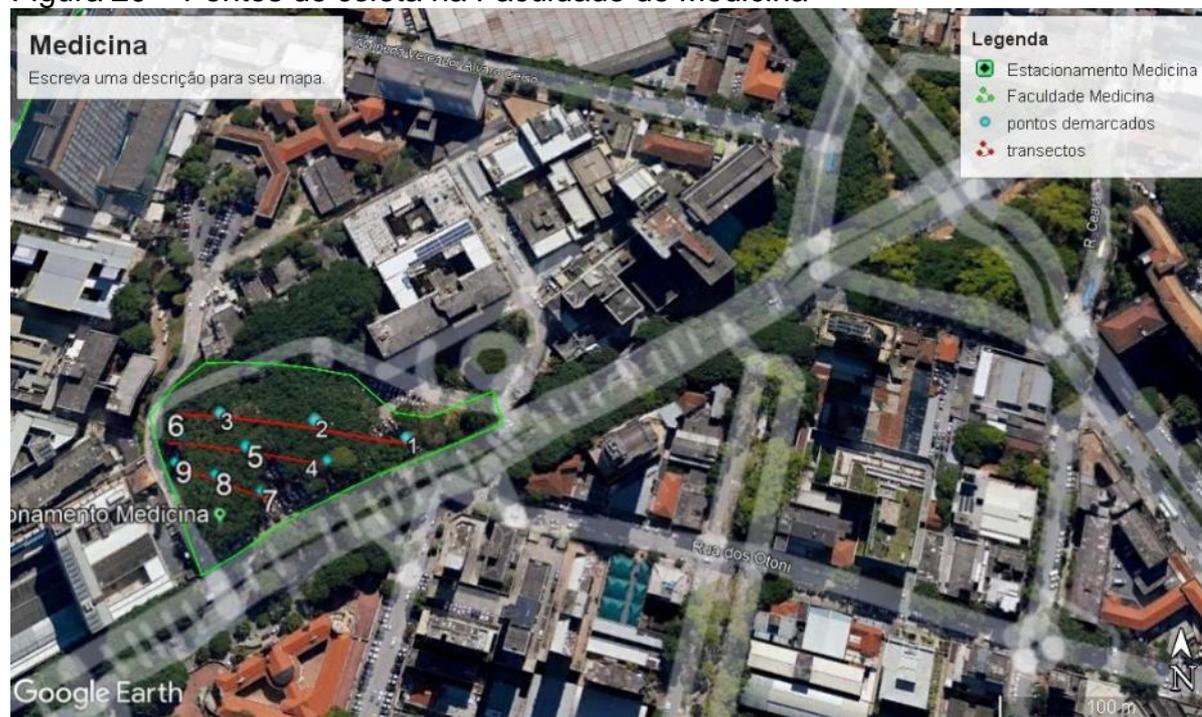


Fonte: Adaptado de GOOGLE (c2021).<sup>2</sup>

As análises de solo foram feitas em amostras coletadas nas 3 áreas. No parque municipal Américo Renné Giannetti foram estabelecidos 6 transectos de 100 m, no Estacionamento da Escola de Medicina 3 transectos de 200 m e 3 transectos também na Escola Pedro II (área controle). Em cada transecto foi estabelecido quatro plots de 5 x 5 m onde foram feitas 2 amostragens para cada parâmetro tanto na estação seca como na estação chuvosa. Assim para todas as análises o desenho experimental foi: 3 áreas (Parque, Medicina e Escola) x 12 transectos x 4 plots x 2 repetições e 2 tempos (verão e inverno), totalizando 224 amostras para cada parâmetro analisado. Para coleta de solos foram utilizadas 4 repetições, totalizando 448 amostras. As amostras de solo foram coletadas a 20 cm de profundidade. A seguir os pontos de coletas na Faculdade de Medicina (fig. 20) e área controle (fig. 21).

<sup>2</sup> GOOGLE. **Parque Municipal Américo Renné Giannetti**. [Belo Horizonte]: Maxar Technologies, c2021. 1 imagem de satélite, color, 3D. Copernicus. Lat. 19°55'27.75"S, 43°56'06.23"W. Disponível em: [https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=pt-BR](https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR). Acesso em: 17 nov. 2021.

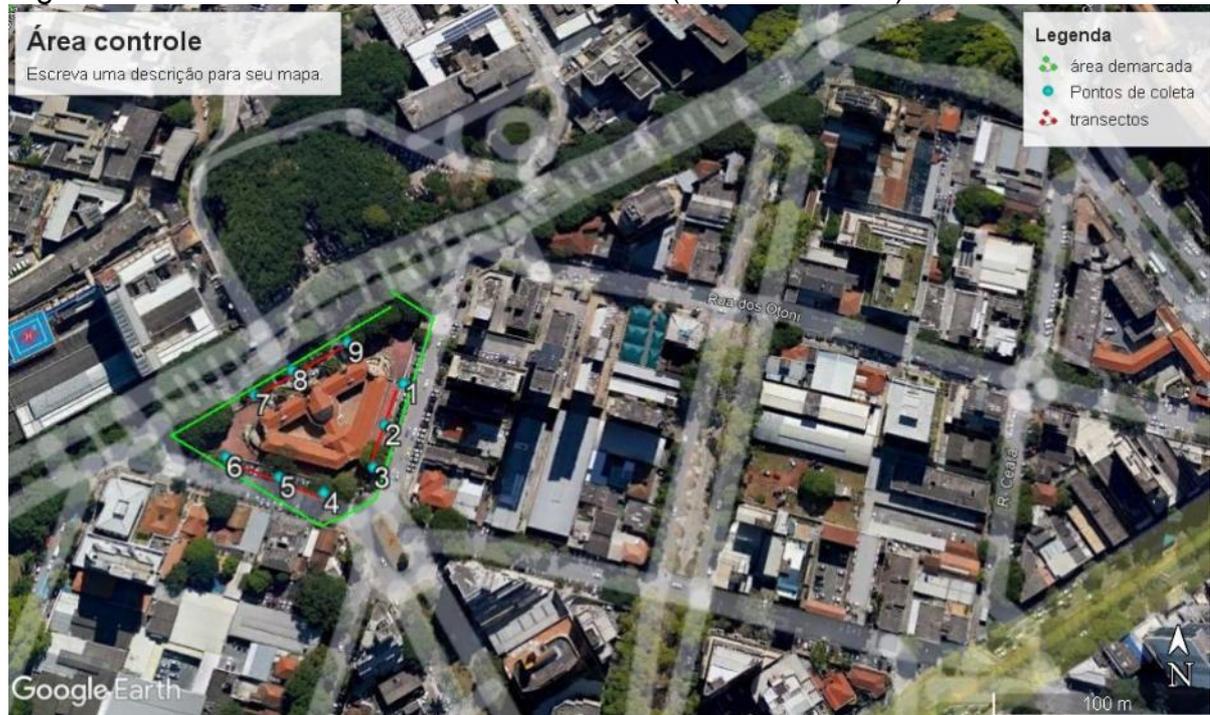
Figura 20 – Pontos de coleta na Faculdade de Medicina



Fonte: Adaptado de GOOGLE (c2021).<sup>3</sup>

<sup>3</sup> GOOGLE. **Escola de Medicina**. [Belo Horizonte]: Maxar Technologies, c2021. 1 imagem de satélite, color, 3D. Copernicus. Lat. 19°55'27.42"S, 43°55'45.84"W. Disponível em: [https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=pt-BR](https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR). Acesso em: 17 nov. 2021.

Figura 21 – Pontos de coleta na área controle (Escola Pedro II)



Fonte: Adaptado de GOOGLE (2021)<sup>4</sup>.

### 3.2 Análises edáficas

Nas análises edáficas foram feitas para estimativa de: a) o conteúdo de água retido no solo ou potencial mátrico; b) o conteúdo da água no solo (%), c) análise físico-química do solo; d) além disso, foram coletadas excicatas (amostras de plantas) das espécies de árvores presentes em cada transecto para sua posterior identificação.

Onde:

- a) Conteúdo de água retido no solo ou potencial mátrico, onde a água disponível é medida pelo tensiômetro (FIGURA 22) no local à 30 cm de profundidade. As leituras foram feitas a cada 12 horas em cada ponto amostrado, dado em quilo Pascal (kPa = 1000 Pa ou 0,01 bar) que é a

<sup>4</sup> GOOGLE. **Escola Pedro II.** [Belo Horizonte]: Maxar Technologies, c2021. 1 imagem de satélite, color, 3D. Copernicus. Lat. 19°55'33.79"S, 43°55'48.25"W. Disponível em: [https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm\\_source=earth7&utm\\_campaign=vine&hl=pt-BR](https://earth.google.com/web/@-19.9243753,-43.935064,916.76011013a,1008.7939796d,35y,-0h,0t,0r?utm_source=earth7&utm_campaign=vine&hl=pt-BR). Acesso em: 17 nov. 2021.

unidade-padrão de pressão segundo o Sistema Internacional de Medidas (SI);

Figura 22 – Tensiômetro em campo para medir a água retida no solo para as plantas



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

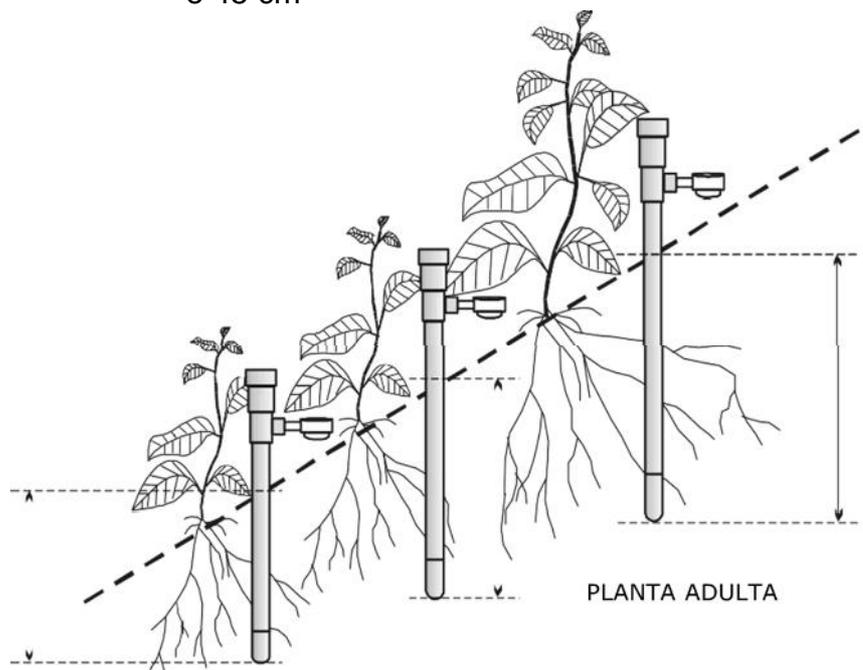
- b) Para medir a tensão da água que fica retida pelas partículas do solo – o potencial matricial (ou mátrico) – foi utilizado o tensiômetro (Agriseach Equipment – water control WC-100), com o qual é possível estabelecer indiretamente pela leitura do aparelho o teor de água no solo, e isso se dá a partir da relação entre o conteúdo de água no solo e a tensão em que ela se encontra (AZEVEDO; SILVA, 1999). Esta tensão da água no solo é medida pela equação:

$$T: L - 0,098 \times h \text{ Dry} \quad (1);$$

- c) Onde T = Tensão da água no solo (cbar ou kpa); L = Leitura do vacuômetro (cbar ou kpa); h = altura da coluna de água no interior do tensiômetro (cm);
- d) Uma das vantagens de se usar este aparelho é que ele mostra em tempo real a tensão de água no solo. O aparelho utilizado nesta

pesquisa é o tensiômetro com vacuômetro. Seguindo a metodologia da Embrapa (AZEVEDO; SILVA, 1999), o tensiômetro tem que estar totalmente preenchido de água antes de inseri-lo no solo, neste caso a uma profundidade de 30 cm (fig. 23). O resultado desse vácuo fica registrado no nanômetro conectado ao tensiômetro (FIGURA 23);

Figura 23 – Tensiômetro instalado no solo em profundidades de 30, 40 e 45 cm



Fonte: T.W. PROSSER COMPANY, [S.d.], apud Embrapa, 1997, p. 19

- e) Teor de água no solo. Para determinar o teor de umidade presente no solo, as amostras foram transportadas em embalagem plástica impermeável e vedada até o laboratório em menos de 12 horas. Em cada amostra, numerada e identificada, foi feita a medida do peso fresco em uma balança de precisão. Posteriormente, cada amostra foi transferida para estufa a 110°C por 24 horas e foram feitas as medições do peso seco do solo. O conteúdo de água no solo (%) foi estimado pela equação:

$$\frac{[(PF-PS)]}{PS} \times 100 \quad (2);$$

Onde PF é peso fresco e PS é o peso seco do solo (TEIXEIRA, *et al.* 2017).

- f) Análise físico-química do solo. Foi feita análise textural e de fertilidade das amostras de solo, segundo EMBRAPA (1997). Para a amostragem foi definido que as coletas se dariam nos 6 transectos do Parque, 3 da Medicina e 3 da área controle, previamente delineados, a uma distância de 100 metros, com 4 plots por transecto (5m x 5m), sendo coletadas 4 amostras de solo por plot nos dois locais e nos dois períodos (seca e chuva). Em laboratório especializado, segundo EMBRAPA (1997), a separação das frações do solo seco é feita ao ar ou estufa a 40°C por tamisação (ou peneiração), que determina a proporção dessas frações e o encaminhamento para as análises físico-químicas;
- g) Identificação das espécies arbóreas coletadas em cada transecto.

### 3.3 Análises micro ambientais

- a) Temperatura do ar: medida pelo Termo-higrômetro digital (Instrutherm, Mod HT-260). O aparelho permite observar as temperaturas atmosféricas máximas e mínimas (°C), sendo que essas temperaturas irão aparecer em Celsius e Fahrenheits. Foram amostradas temperaturas ambientais nos locais de coleta em campo, previamente demarcados, sempre no mesmo período e horário, para posteriormente ser feita uma correlação com a umidade do ar, a incidência de luz e umidade do solo.
- b) Umidade relativa do ar: Foram feitos registros da umidade atmosférica usando Termo-higrômetro digital (Instrutherm, Mod HT-260), que fornece uma estimativa dos valores máximos e mínimos da umidade relativa do ar (%), nos mesmos horários das outras coletas nos mesmos pontos. Assim é possível comparar a umidade do ar de uma área mais impactada (o estacionamento da Escola de Medicina) com uma área preservada (Parque Municipal).

#### 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Em seguida (FIGURA 24) mostra o conteúdo de água dos solos amostrados no Parque Municipal Américo Renné Giannetti, na Faculdade de Medicina da UFMG e na área controle, ou seja, a água disponível para as plantas. A comparação das médias dos diferentes pontos, a 5% de significância de acordo com teste Tuckey, pode ser observada nos pontos de 1 a 6 são no Parque, de 7 a 9 na Medicina, e de 10 a 12 na área controle. Os resultados mostram que houve diferença significativa do Parque em relação às outras duas áreas, especialmente na estação seca. Estes resultados sugerem que nas camadas de 15-20 cm de solo a água está igualmente distribuída no parque ao longo das 2 estações. Na área da Escola de Medicina houve diferença da quantidade de água no solo entre pontos somente no período de chuvas. No período chuvoso, tanto o Parque quanto a Medicina são similares, diferindo da área controle.

Quando se compara o conteúdo de água do solo na estação seca e chuvosa a maioria das amostras no Parque e na Medicina não difere entre si mas difere do Controle que foi significativamente menor tanto na estação seca (FIGURA 25A) como na estação chuvosa (FIGURA 25B). Estes resultados sugerem que o conteúdo de água em toda área de estudo não foi alterado na estação das chuvas, ou seja, permaneceu elevado e similar desde o período seco, exceto na área controle.

Figura 24 – Conteúdo de água do solo (%) na estação seca (A) e chuvosa (B)  
a)

Sites	Mean (Sd)	P-values- Dry											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	20.61 ±4.92***		0.98	1.0	0.98	0.75	1.0	<b>0.011</b>	<b>0.00</b>	0.68	<	<	<b>0.013</b>
T2	18.86±2.29	0.98		0.84	0.55	0.99	0.99	<b>0.074</b>	<b>0.04</b>	0.95	<	<b>0.01</b>	<b>0.010</b>
T3	21.74±0.9	1.0	0.84		1.0	0.48	0.99	<b>0.005</b>	<b>0.00</b>	0.47	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	<b>0.006</b>
T4	22.26±3.99	0.98	0.55	1.0		0.19	0.94	<b>0.001</b>	<b>0.00</b>	0.31	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	<b>0.001</b>
T5	17.75±3.92	0.75	0.99	0.48	0.19		0.89	0.2	<b>0.014</b>	0.99	<b>0.005</b>	<b>0.007</b>	0.297
T6	20.13±4.21	1.0	0.99	0.99	0.94	0.89		<b>0.018</b>	<b>0.001</b>	0.78	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	<b>0.024</b>
T7	11.43±3.11	<b>0.011</b>	<b>0.074</b>	<b>0.005</b>	<b>0.001</b>	0.2	<b>0.018</b>		0.99	0.94	0.99	0.99	1.0
T8	8.82±0.2	<b>0.00</b>	<b>0.004</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.014</b>	<b>0.001</b>	0.99		0.52	1.0	1.0	0.99
T9	15.53±0.017	0.68	0.95	0.47	0.31	0.99	0.78	0.94	0.52		0.29	0.35	0.97
T10	8.22±0.2	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.0</b>	<b>0.05</b>	< <b>0.01</b>	0.99	1.0	0.2		1.0	0.9
T11	8.5± 0.13	< <b>0.01</b>	<b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.0</b>	<b>0.007</b>	< <b>0.01</b>	0.996	1.0	0.35	1.0		0.987
T12	11.8±0.26	<b>0.013</b>	0.106	<b>0.006</b>	<b>0.001</b>	0.297	<b>0.024</b>	1.0	0.99	0.975	0.974	0.987	

b)

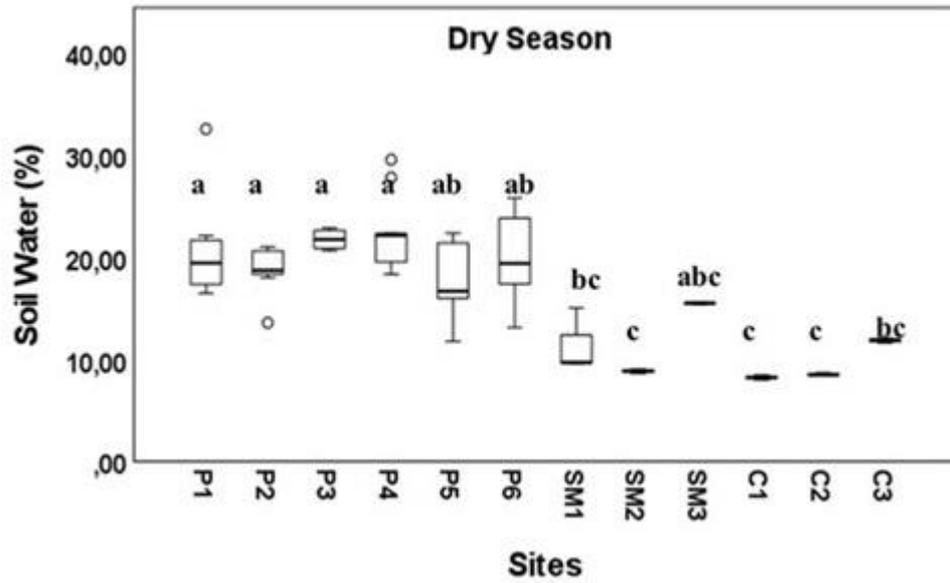
Sites	Mean (Sd)	P-values- - Rainy											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	20.51 ±2.41***		1.0	0.97	0.87	0.42	1.0	<b>0.035</b>	0.25	0.89	0.86	<b>0.032</b>	<b>0.010</b>
T2	20.81±2.46	1.0		0.98	0.91	0.49	1.0	<b>0.031</b>	0.29	0.86	0.8	<b>0.028</b>	<b>0.05</b>
T3	23.6±4.8	0.97	0.98		1.0	0.99	0.91	<b>0.096</b>	0.81	0.52	<b>0.039</b>	<b>0.05</b>	<b>0.018</b>
T4	24.23±3.07	0.87	0.91	1.0		0.99	0.72	<b>0.04</b>	0.85	0.37	<b>0.022</b>	<b>0.026</b>	<b>0.005</b>
T5	26.18±6.02	0.42	0.49	0.99	0.99		0.26	<b>0.009</b>	0.98	0.16	<b>0.06</b>	<b>0.005</b>	< <b>0.001</b>
T6	19.77±1.88	1.0	1.0	0.91	0.72	0.26		0.48	0.17	0.94	0.94	0.46	<b>0.017</b>
T7	12.09±0.48	<b>0.035</b>	<b>0.031</b>	<b>0.096</b>	<b>0.04</b>	<b>0.009</b>	0.48		<b>0.007</b>	1.0	1.0	1.0	1.0
T8	29.67±21.13	0.25	0.29	0.81	0.85	0.98	0.17	<b>0.007</b>		0.83	<b>0.033</b>	<b>0.004</b>	< <b>0.01</b>
T9	14.5±0.54	0.89	0.86	0.52	0.37	0.16	0.94	1.0	0.83		0.4	<b>1.0</b>	<b>0.009</b>
T10	14.76±0.24	0.86	0.82	<b>0.039</b>	<b>0.022</b>	<b>0.05</b>	0.94	1.0	<b>0.033</b>	1.0		1.0	0.9
T11	11.7 ±0.34	<b>0.0328</b>	<b>0.028</b>	<b>0.05</b>	<b>0.026</b>	<b>0.005</b>	<b>0.05</b>	1.0	<b>0.04</b>	1.0	1.0		1.0
T12	9.8± 0.5	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.005</b>	< <b>0.01</b>	<b>0.017</b>	1.0	< <b>0.01</b>	<b>0.009</b>	0.9	1.0	

Legenda: T1 - T6: amostras coletadas no Parque Municipal Américo Renné Giannetti  
T7 - T9: amostras coletadas na Faculdade de Medicina  
T10 -T12: amostras coletadas na área controle (sem arvores)  
Medias seguidas pelo desvio padrão (sd) e pelo símbolo \* e em negrito, são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ ).

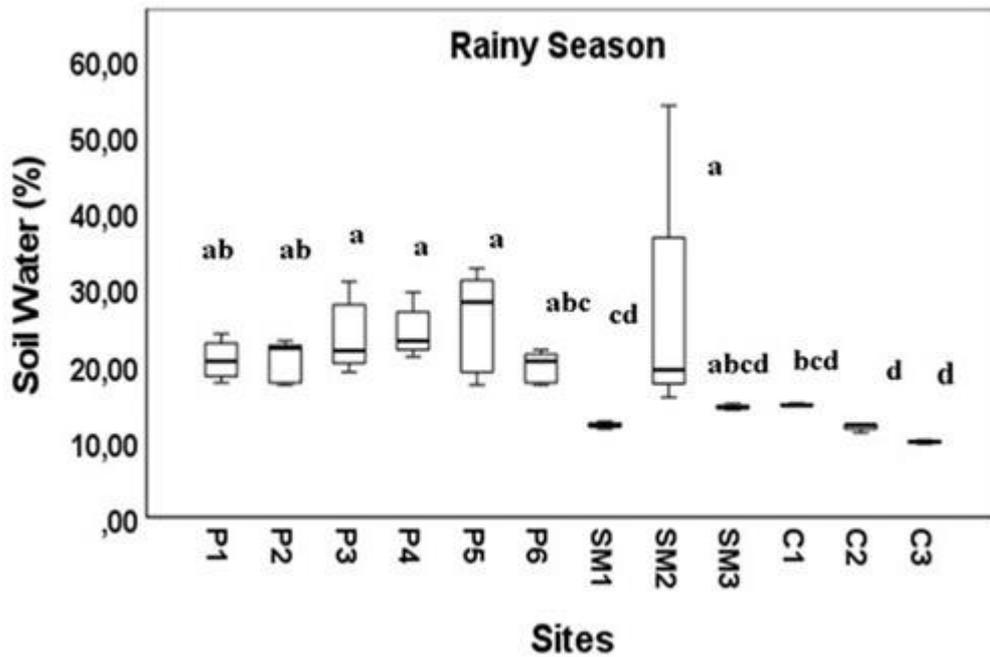
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 25 – Análise comparativa do conteúdo de água do solo (%) entre áreas estudadas

a)



b)



Legenda: Parque (P)

Faculdade de Medicina (SM)

Área controle (C)

Medias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Resultados similares e mais conclusivos foram revelados pela capacidade de retenção de água do solo, dada pelo potencial mátrico a 30 e 40 cm de profundidade (FIGURA 26). Na tabela os pontos do Parque estão representados de T1 a T6, os da Medicina de T7 a T9 e os da área controle de T10 a T12. Não houve diferenças significativas entre pontos tanto dentro da área do parque como dentro da área estudada na Medicina na estação seca, mas todos diferiram significativamente da área controle. Os valores médios encontrados sugerem saturação de água em ambas as estações, correspondendo a uma altura de coluna de água de 10 a 20 cm (BRADY; WEIL, 2008).

Essa tensão da água no solo, quando a água é atraída pelas partículas do solo, pode ser medida pelo tensiômetro em campo. Quando todos os poros do solo estão preenchidos com água, o solo está saturado com máxima capacidade de retenção, e seu potencial mátrico está mais próximo de zero.

Em seguida (FIGURA 27) foram comparadas as três áreas nas duas estações, seca e chuvosa, onde no Parque estão os pontos de P1 a P6, na Medicina os pontos de SM1 a SM3 e a área controle de C1 a C3. O gráfico nos mostra a similaridade entre as áreas do Parque e Medicina, tanto na época da seca como na chuva (fig. 28 A e B), sendo que no solo Controle a capacidade de reter água está muito reduzida, contrastando com os níveis elevados de retenção e saturação encontrados no Parque e nos solos da Medicina .

Figura 26 – Potencial de retenção de água do solo (kPa) na estação seca (A) e chuvosa (B)

a)

		P -values- KPA dry											
Sites	Mean (Sd)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	13.2 ± 2.8		0.5	0.9	0.5	1.0	0.16	0.98	1.0	0.93	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T2	5.6 ± 0.6	0.5		0.99	1.0	0.8	0.99	0.3	0.97	0.1	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T3	7.7 ± 2.5	0.92	0.99		1.0	0.99	0.94	0.7	1.0	0.5	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T4	5.5 ± 1.8	0.47	1.0	1.0		0.77	0.99	0.27	0.97	0.13	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T5	11.5 ± 4.7	1.0	0.71	0.99	0.77		0.32	0.92	1.0	0.82	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T6	3.3 ± 1.8	0.13	0.99	0.94	0.99	0.4		0.12	0.82	0.44	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T7	18.0 ± 0.5	0.98	0.23	0.61	0.27	0.92	0.93		0.96	1.0	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>
T8	11.0 ± 0.5	1.0	0.97	1.0	0.97	1.0	0.82	0.96		0.88	<b>0.01</b>	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>
T9	20.0 ± 0.5	0.93	0.14	0.5	0.13	0.82	<b>0.04</b>	1.0	0.88		<b>0.01</b>	0.12	<b>0.01</b>
T10	56.0 ± 2.3	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>		0.9	0.9
T11	38.0 ± 1.	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	0.12	0.12		0.5
T12	51.0 ± 2.8	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.9	0.5	

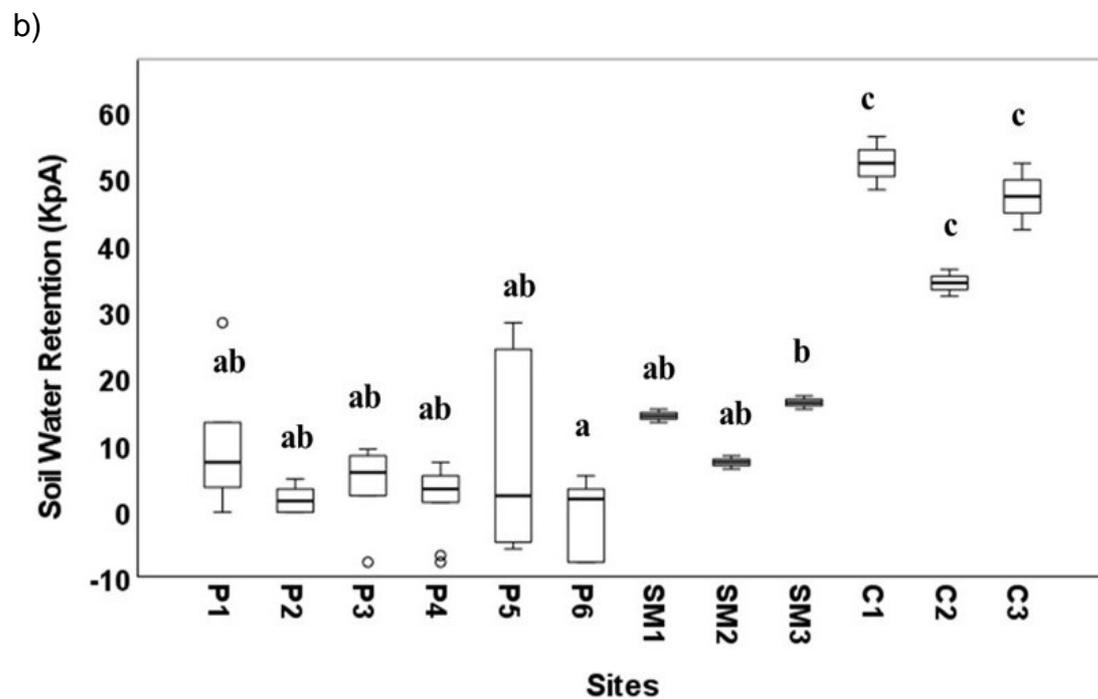
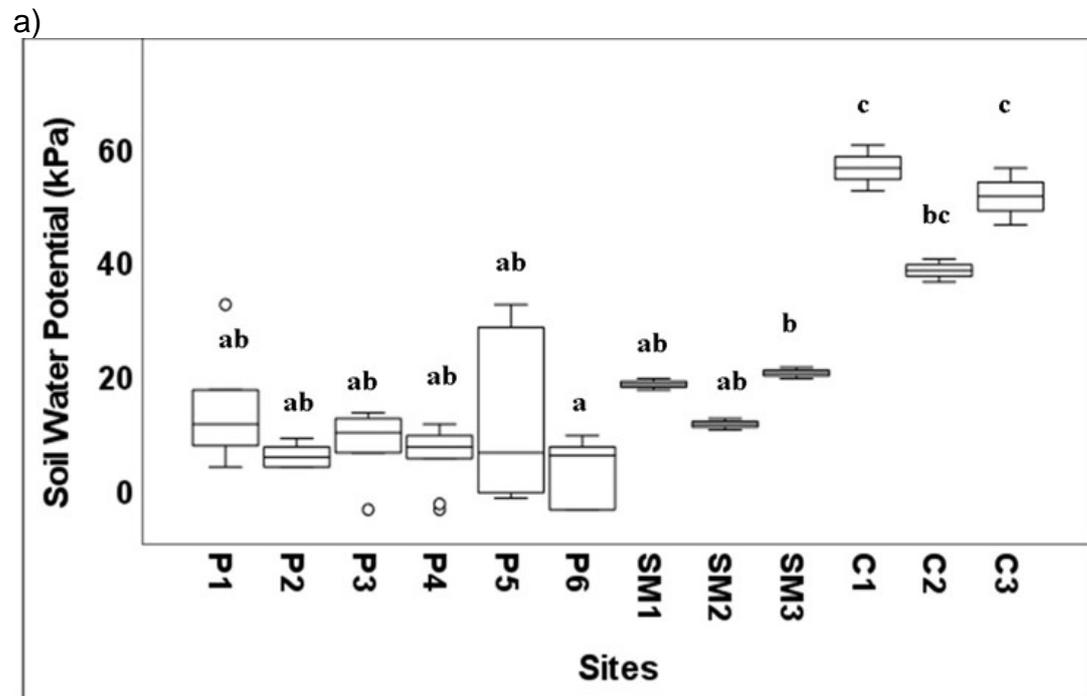
b)

		P -values- KPA - RAINY											
Sites	Mean (Sd)	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	9.3 ± 2.8		0.5	0.94	0.54	1.0	0.16	0.9	1.0		<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T2	1.7 ± 0.6	0.53		1.0	0.94	0.8	1.0	0.3	0.9	0.14	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T3	3.8 ± 2.5	0.9	0.99		1.0	0.97	0.99	0.6	1.0	0.4	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T4	1.6 ± 1.8	0.5	1.0	1.0		0.89	1.0	0.3	0.91	0.13	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T5	7.6 ± 4.7	1.0	0.8	0.9	0.89		0.4	0.9	1.0	0.8	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T6	-0.6 ± 0.156	0.16	1.0	0.9	1.0	0.4		0.1	0.8	0.04	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T7	16.16 ± 0.52	0.99	0.3	0.68	0.3	0.97	0.1		1.0	1.0	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T8	7.16 ± 0.57	1.0	1.0	0.97	0.91	1.0	0.89	1.0		0.3	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T9	16.16 ± 0.58	1.0	0.14	0.4	0.13	0.8	<b>0.04</b>	1.0	0.9		<b>0.01</b>	0.12	<b>0.01</b>
T10	52.16 ± 1.8	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>		0.12	0.9
T11	34.16 ± 1.1	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.12	0.12		0.5
T12	47.16 ± 1.9	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.9	0.56	

Legenda: Em relação as amostras T1 - T6 coletadas no Parque Municipal Américo Renné Giannetti,  
 Amostras T7 - T9 coletadas na Escola de Medicina  
 Amostras T10 -T12 coletadas na área controle (sem árvores).  
 Medias seguidas pelo desvio padrão (sd) e em negrito são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ )

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 27 – Análise comparativa do potencial de água do solo (kPa) entre sítios



Legenda: Amostras coletadas no parque (P)  
 Amostras coletadas na Faculdade de Medicina (MS)  
 Amostras coletadas na área controle (C)  
 Médias seguidas pA

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A capacidade de retenção de água após as chuvas tende a diminuir a menos que as forças matriciais sustentem a água retida no solo (capacidade de campo do solo). Já em solos urbanos, Brady e Weil (2008) constatam que na compactação excessiva devido à urbanização ocorre uma redução na quantidade de água retida no solo e disponível para as plantas absorverem. A água retida e disponível para as plantas é, segundo estes autores, aquela com potencial mátrico entre a capacidade de campo ( $<10$  a  $<30$  kPa) e o ponto de murcha permanente ( $<1.500$  kPa). Esses valores dimensionam o grande volume de água encontrado na área de estudo, especialmente no parque e na Medicina, independentemente da estação, o que explica os pontos de afloramento da água, tanto no período seco quanto chuvoso (FIGURA 28Figura 1). Um fator relevante é que as duas áreas (Parque e Medicina) têm em comum grandes espécies arbóreas, especialmente do gênero *Ficus*, com grande potencial de reter a água no subsolo através do sistema continuum solo-planta-atmosfera, se considerarmos a dimensão do sistema radicular.

Figura 28 – Indicação de ressurgência de água no transecto 3



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A umidade do ar no Parque também apresentou uma distribuição harmônica e equitativa na estação seca (FIGURA 29A), se mostrando muito mais úmido que a Medicina e área controle. Na Figura 29 os pontos referentes ao Parque são de T1 a T6.

Figura 29 – Umidade do ar (%) na estação seca (A) e chuvosa (B)  
a)

Sites	Mean (Sd)	P -values- Air Humidity - DRY											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	64.93 ±1.81		0.93	0.97	0.99	1.0	0.79	0.08	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T2	61.54±3.53	0.93		1.0	0.99	0.98	0.69	0.11	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T3	61.81±4.68	0.97	1.0		1.0	0.99	0.75	0.13	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T4	63.26±6.68	0.99	0.99	1.0		1.0	0.29	<b>0.036</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T5	64.27±5.55	1.0	0.98	0.99	1.0		0.13	<b>0.014</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T6	56.83±9.57	0.079	0.69	0.75	0.29	0.13		0.77	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.11	0.08	0.07
T7	50.66±0.85	<b>0.01</b>	0.11	0.13	<b>0.03</b>	<b>0.017</b>	0.77		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.8	0.77	0.75
T8	24.0±1.0	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		0.99	<b>0.02</b>	<b>0.03</b>	<b>0.04</b>
T9	19.5±0.7	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.99		< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T10	43.0±0.57	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	<b>0.011</b>	0.8	<b>0.021</b>	< <b>0.01</b>		1.0	1.0
T11	42.6±0.63	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	0.08	0.7	<b>0.03</b>	< <b>0.01</b>	1.0		1.0
T12	42.5 ±0.17	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	0.07	0.75	<b>0.04</b>	< <b>0.01</b>	1.0	1.0	

b)

Sites	Mean (Sd)	P-values- Air Humidity - RAINY											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	59.72 ±4.44		0.16	<b>0.001</b>	0.92	0.6	0.29	<b>0.00</b>	<b>0.011</b>	<b>0.004</b>	0.86	0.3	0.81
T2	66.5±8.34	0.16		0.47	0.89	0.99	1.0	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	1.0	1.0	1.0
T3	72.38±8.84	<b>0.001</b>	0.47		<b>0.036</b>	0.13	0.38	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.67	0.9	0.7
T4	63.01±1.71	0.92	0.89	<b>0.036</b>		1.0	0.96	<b>0.00</b>	<b>0.001</b>	<b>0.00</b>	1.0	0.8	1.0
T5	64.5±4.79	0.6	0.99	0.13	1.0		1.0	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	1.0	0.4	1.0
T6	65.93±2.71	0.29	1.0	0.38	0.96	1.0		<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	1.0	1.0	1.0
T7	42.76±0.11	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>		0.99	1.0	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T8	46.4±0.1	<b>0.011</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.001</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	0.99		0.99	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T9	42.55±0.07	<b>0.004</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	1.0	0.99		< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>
T10	65.3±1.19	0.86	1.0	0.67	1.0	1.0	1.0	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>		1.0	1.0
T11	68.0±0.66	0.3	1.0	0.9	0.89	0.9	1.0	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	1.0		1.0
T12	65±0.33	0.812	1.0	0.7	1.9	1.0	1.0	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	< <b>0.01</b>	1.0	1.0	

Legenda: T1-T6: amostras coletadas no Parque Municipal Américo Renné Giannetti

T7-T9: amostras coletadas na Faculdade de Medicina

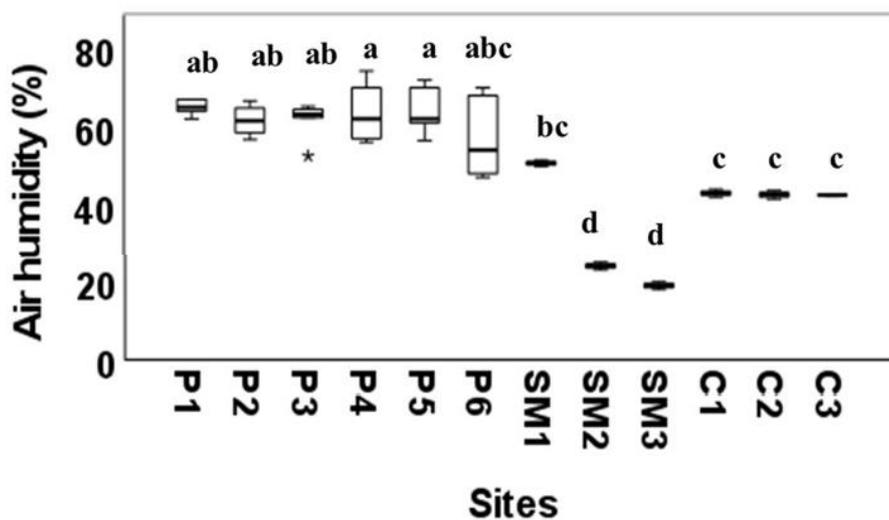
T10-T12: amostras coletadas na área controle (sem árvores).

Médias seguidas pelo desvio padrão (sd) e em negrito são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança ( $p \leq 0.05$ )

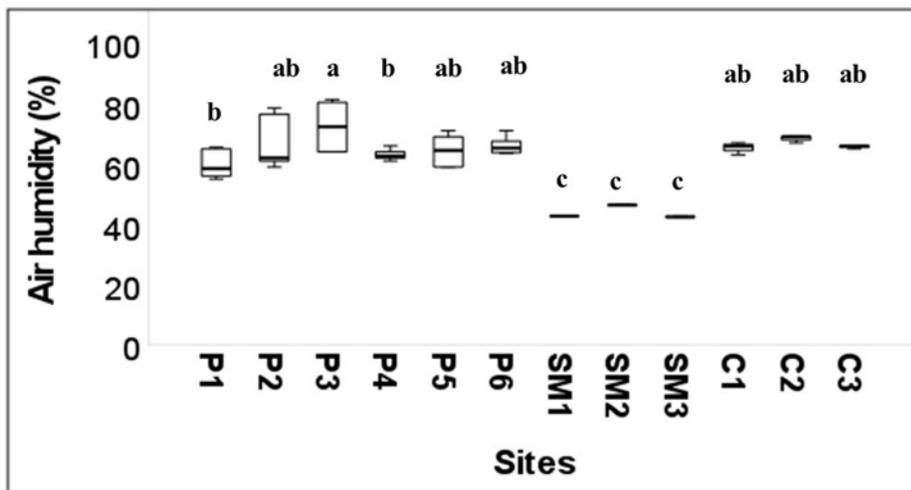
Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 30 – Análise comparativa da umidade do ar (%) entre sítios na estação seca (A) e chuvosa (B)

a)



b)



Legenda: Amostras coletadas no parque (P)  
 Amostras coletadas na Faculdade de Medicina (MS)  
 Amostras coletadas na Area controle (C)  
 Medias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ )

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Na estação seca (FIGURA 30A) a umidade do ar se mostrou bem superior no Parque (P1 a P6) que na Medicina (SM1 a SM3) e área controle (C1 a C3), sendo que a Medicina apresentou menos umidade que as outras duas áreas, talvez pelo excesso de impermeabilização tanto no solo quanto dos prédios ao redor. Na estação chuvosa (fig. 27 B) a Medicina também apresentou o ar menos úmido que o Parque e área controle, sendo que essas duas últimas foram similares. A área controle teve a umidade do ar similar ao Parque na estação chuvosa provavelmente por ser uma área bem aberta, sofrendo influência direta da chuva neste período. Isso demonstra que a impermeabilização da Medicina, com seus prédios e estacionamento foi fundamental neste resultado. Estes resultados sugerem que a umidade do ar está relacionada com a evaporação direta da água do solo. Quando essa água encontra o solo impermeabilizado não há evaporação comprometendo a umidade do ar. Mesmo a área controle tendo boa parte do solo impermeabilizado, não há muitos prédios ao redor como os prédios da Faculdade de Medicina, sendo portanto uma área mais aberta, suscetível a mais vento e chuva direta. Isso reforça o quanto é prejudicial a impermeabilização excessiva das cidades, deixando o ar mais seco.

O efeito umidade parece estar relacionado com 2 fatores, da capacidade de retenção superficial de água do solo e dos níveis de evaporação no solo. Áreas

vegetadas como parque com maior saturação de água apresentam também evaporação maior. Por outro lado, Wanderley e Miguel (2019) relatam que o efeito de resfriamento advindo da floresta urbana é intrínseco às folhas e galhos das árvores, uma vez que estes limitam o aquecimento pela incidência contínua de radiação da luz solar, reduzindo a temperatura ambiental pela transpiração das folhas.

A temperatura não diferiu entre pontos significativamente dentro de cada área estudada em cada uma das estações (FIGURA 31), mostrando que as médias na Medicina tiveram a temperatura mais alta na seca e na chuva. Chama atenção o fato de no verão tanto a temperatura como umidade não aumentarem significativamente. Comparando as três áreas (FIGURA 31), o Parque (P1 a P6), a Medicina (SM1 a SM3) e área controle (C1 a C3) observamos que a temperatura no Parque foi significativamente mais baixa que na área da Medicina na estação da seca (FIGURA 32A) e similar à área controle. Estes resultados podem ser entendidos considerando o elevado grau de impermeabilização do solo na Medicina e a exposição ao vento da área controle, sem árvores.

Figura 31 – Temperatura ambiental (°C) na estação seca (A) e chuvosa (B)  
a)

Sites	Mean (Sd)	P-values- Env Temp - DRY											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	19.33 ±0.48		0.96	1.0	0.62	1.0	1.0	<b>0.02</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.9	0.8	0.9
T2	20.3±1.15	1.0		1.0	1.0	1.0	1.0	<b>0.2</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.4	0.2	0.4
T3	20.38±1.39	1.0	1.0		0.95	1.0	0.09	0.3	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.4	0.25	0.4
T4	20.7±0.2.0	0.62	1.0	0.9		0.9	0.12	0.4	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	0.18	0.08	0.18
T5	21.33±1.47	0.15	0.9	0.9	0.95		0.6	0.8	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	0.37	0.14	0.37
T6	22.74±2.57	0.1	0.2	0.09	0.12	0.6		1.0	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T7	22.86±0.05	0.23	0.24	0.37	0.4	0.8	0.89		<b>0.03</b>	<b>0.001</b>	<b>0.05</b>	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>
T8	27.9±0.36	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>		<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T9	35.15±0.21	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>		<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T10	18.0±0.57	0.9	0.4	0.4	0.18	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.00</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>		1.0	1.0
T11	17.66± 1.2	0.8	0.2	0.25	0.08	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	1.0		1.0
T12	18.0±0.55	0.94	0.4	0.4	0.19	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	1.0	1.0	

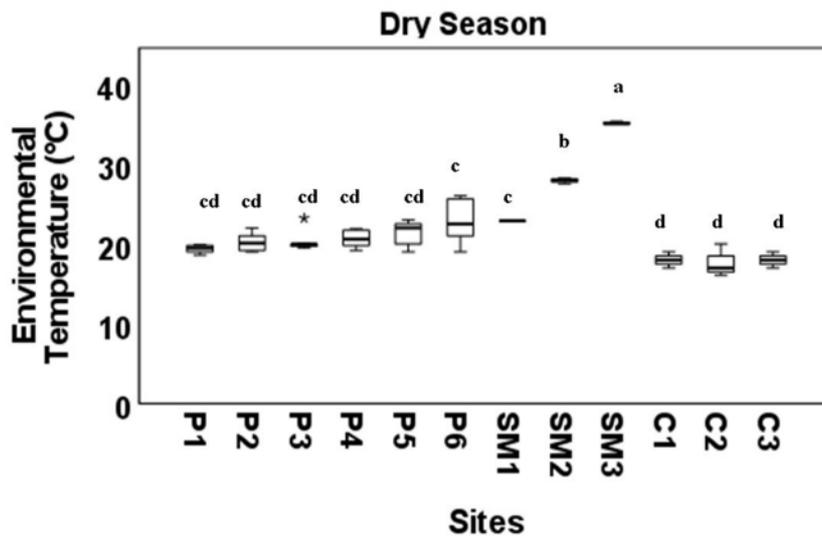
b)

Sites	Mean (Sd)	P-values- Env Temp - RAINY											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
T1	25.83±1.65		0.7	1.0	0.7	0.75	1.0	0.1	0.1	<b>0.04</b>	<b>0.00</b>	<b>0.00</b>	<b>0.001</b>
T2	24.5±03.47	0.75		1.0	1.0	1.0	0.2	<b>0.01</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	0.13	<b>0.05</b>	0.16
T3	24.93±1.6	0.9	1.0		1.0	1.0	0.78	<b>0.012</b>	<b>0.02</b>	<b>0.004</b>	0.78	<b>0.003</b>	<b>0.009</b>
T4	24.7±1.79	0.7	1.0	1.0		1.0	0.38	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.001</b>	0.09	<b>0.03</b>	<b>0.001</b>
T5	24.68±0.94	0.75	1.0	1.0	1.0		0.37	<b>0.02</b>	<b>0.05</b>	<b>0.001</b>	0.09	<b>0.003</b>	<b>0.001</b>
T6	26.18±1.63	1.0	0.2	0.78	0.38	0.37		0.26	0.38	0.12	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>
T7	28.4±0.07	0.108	<b>0.01</b>	<b>0.012</b>	<b>0.02</b>	0.2	1.0		1.0	1.0	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T8	28.3 ±0.1	0.175	<b>0.03</b>	<b>0.022</b>	<b>0.05</b>	<b>0.05</b>	0.38	1.0		1.0	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T9	28.8±0.2	<b>0.013</b>	<b>0.01</b>	<b>0.04</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	1.22	1.0	1.0		<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>
T10	22.0±0.5	<b>0.02</b>	0.13	0.078	0.09	0.097	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	0.09		1.0	1.0
T11	21.0±0.57	<b>0.01</b>	<b>0.05</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.03</b>	<b>0.01</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	<b>0.001</b>	0.9		1.0
T12	21.3±0.3	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.09</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	<b>0.01</b>	1.0	1.0	

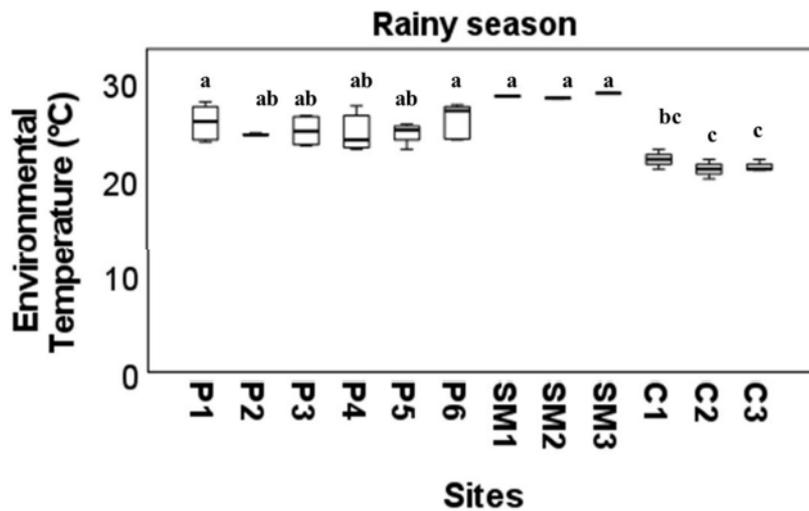
Legenda: T1 - T6: Amostras coletadas no Parque Municipal Américo Renné Giannetti  
 T7 - T9: Amostras coletadas na Escola de Medicina  
 T10 -T12: Amostras coletadas na área controle (sem árvores).  
 Médias seguidas pelo desvio padrão (sd) e em negrito são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. (p ≤ 0.05)  
 Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Figura 32 – Análise comparativa da temperatura ambiental (°C) entre sítios na estação seca (A) e chuvosa (B).

a)



b)



Legenda: Amostras coletadas no parque (P)

Amostras coletadas na Escola de Medicina (MS)

Amostras coletadas na Area controle (C).

Médias seguidas por letras diferentes são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ )

Fonte: Elaborada pela autora (2021)..

Na estação chuvosa (FIGURA 32B) as médias na Medicina demonstram que ali a temperatura se manteve ligeiramente mais elevada que o Parque e a área controle, provavelmente devido à impermeabilização no pátio do estacionamento e dos prédios da faculdade ao redor, o que não acontece nas outras áreas. Na área controle a temperatura foi mais baixa na estação chuvosa (FIGURA 32B), o que nos mostra que, por ser uma área mais aberta, sem prédios no entorno próximo, pode sofrer a influência direta do vento e da chuva. Assim, a temperatura pode depender do efeito vento.

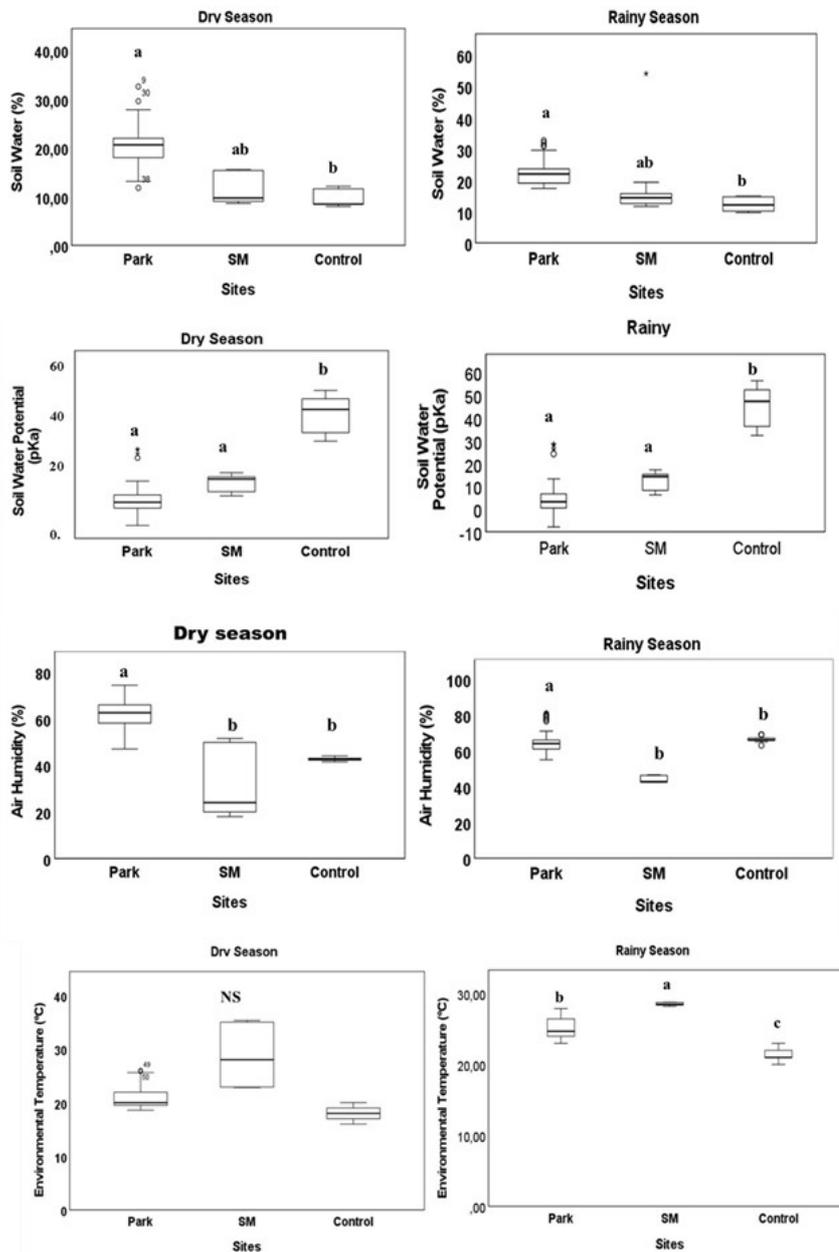
Melo e Dias (2019) confirmam que a cobertura da vegetação exerce influência no comportamento térmico, já que em terrenos mais abertos há uma ligação direta entre o ar e o solo, afetando claramente a temperatura atmosférica e a umidade relativa do ar, o que pode ser observado na área do Parque. Na floresta os raios

solares são disputados, e cada espécie se especializa em crescer em um nicho específico para receber o mínimo de energia (WOHLLEBEN, 2017).

A seguir (Figura 33) foi feita uma análise comparando as estações seca e chuvosa com relação ao conteúdo de água do solo (%), o potencial mátrico de água retida no solo (kPa), a umidade do ar (%) e a temperatura do ar (°C) nas três áreas – Parque, Escola de Medicina e área controle.

Estes resultados evidenciam que as médias globais do potencial mátrico e da umidade do solo não diferiram entre período chuvoso e seco quando se comparam Parque e Medicina, os quais diferem significativamente da área Controle. O mesmo não sucedeu para umidade do solo e temperatura.

Figura 33 - Análise comparativa entre áreas de estudo: Parque Municipal, Faculdade de Medicina e Controle em relação as estações de seca (Dry) e Chuva (Rainy) em relação a cada parâmetro



Legenda: Conteúdo de água do solo (%)

Potencial mátrico de água do solo (kPa)

Umidade do ar (%)

Temperatura ambiental (°C)

Medias seguidas por mesma letra não apresentaram diferença significativa de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ )

NS: Diferença não significativa

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Com relação à vegetação, há uma similaridade entre Parque e Medicina, pois em ambos há a presença significativa da espécie arbórea do gênero *Ficus*, enquanto na área controle não existem árvores. No estudo em questão, a mesma função exercida pela vegetação do Parque está sendo executada pelos avultados indivíduos da espécie de *Ficus elastica* (Figura 34) que ocupam uma área bem menor e semi-impermeabilizada do estacionamento da Escola de Medicina e já tiveram grande parte de suas raízes aéreas podadas para dar mais espaço para os carros. As avultadas raízes do gênero *Ficus* presentes no Parque e na Escola de Medicina conseguem manter o elevador hidráulico com seu fluxo constante, permitindo a redistribuição hídrica, onde as árvores conseguem eliminar água pelas folhas (evapotranspiração) de forma contínua, mantendo assim o equilíbrio hídrico no solo. Em um estudo sobre redistribuição hidráulica em grandes árvores da Amazônia, Oliveira *et al.* (2005) perceberam um padrão consistente na redistribuição ascendente da seiva (elevação hidráulica). De acordo com suas observações, com o início das chuvas fortes, este padrão é reservado, com o fluxo noturno da seiva contínuo na raiz principal da árvore, além do fluxo de seiva basípeta nas raízes laterais. Este movimento, segundo os autores, indica que a água também segue do solo mais úmido para solos mais profundos e secos quando necessário, ao que ele chamou de 'redistribuição hidráulica para baixo'. Esses padrões observados sugerem o quão importante é atenuar o estresse hídrico para melhorar a filtragem da chuva na floresta. Em um outro estudo, desta vez no cerrado, Scholz *et al.* (2002) observaram a magnitude e a direção do transporte de água pelas raízes lenhosas, cujos padrões de fluxo foram consistentes na redistribuição hidráulica da água no solo, evidenciando o movimento da água das regiões úmidas para as mais secas do perfil do solo via raízes. Scholz *et al.* (2002) destacam que as raízes exibiram fluxo de seiva positivo (do solo para a planta) durante o dia e ao contrário, fluxo negativo (da planta para o solo) no período noturno (elevador hidráulico). Para o autor, essas flutuações diárias do potencial hídrico do solo salientam o reumedecimento parcial das camadas superiores do solo pela água liberada de raízes rasas.

Figura 34 – Exemplar de *Ficus elastica* na área da Escola de Medicina



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

No parque foram registrados diversos indivíduos de do gênero *Ficus*, especialmente o *Ficus elastica* com cerca de 20 indivíduos com todas as suas raízes aéreas preservadas (fig. 31). Diferentemente do ocorre com a mesma espécie na Escola de Medicina onde suas raízes foram reduzidas.

Ainda, a espécie *Ficus elastica* se mostrou bastante eficiente na função de reter a água no solo, mantendo-o úmido mesmo no período da seca. Reforçando que uma única espécie de *Ficus*, com toda sua exuberância, consegue desempenhar o papel de diversas outras espécies arbóreas juntas, sendo, portanto, fundamental sua permanência nas áreas de inundação avaliadas. A vegetação modifica de forma significativa a capacidade de retenção de água no solo estabilizando o lençol freático, evitando as inundações.

Figura 35 – Exemplar de *Ficus elastica* no Parque Américo Renné Giannetti



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A comparação do número de indivíduos arbóreos é representada abaixo (TABELA 1).

Tabela 1 – Comparação entre áreas de estudo quanto ao número de espécies arbóreas

Local de estudo	Número médio de Indivíduos arbóreos	P - values		
		Parque	Medicina	Controle
Parque	51		<,001	<,001
Medicina	9	<,001		0,004
Controle	0	<,001	0,004	

Legenda: P (Parque Municipal Américo Renné Giannetti)

SM (Escola de Medicina)

C (Área controle sem vegetação)

Valores em negrito são significativamente diferentes de acordo com teste de Tuckey ao nível de 5% de confiança. ( $p \leq 0.05$ )

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

As análises de solo feitas a partir de coletas nos transectos do parque (P1, P2, P3, P4, P5, P6), da Medicina (M1, M2, M3) e da área controle (C1, C2, C3) estão especificadas na tabela a seguir (Tabela 6). Como resultado, o solo se mostrou

bastante similar na sua estrutura em toda a área analisada. Todos os solos são do tipo Franco-argilosos, um solo de boa qualidade e, por conter argila, ajuda na retenção de água no subsolo. Esta similaridade mostra que a variação no teor água não pode ser explicada pelo tipo de solo, mas pela vegetação arbórea.

Tabela 2 – Análise textural dos solos no Parque Municipal, na Escola de Medicina e área controle

Site	Unidas			Classificação textural
	Argila <0,002 mm	Silte <0,053-0,002 mm	Areia total 2,00-0,053 mm	
<b>P1</b>	33,1	20,8	46,1	Franco-argiloarenosa
<b>P2</b>	38,4	19,9	41,7	Franco-argilosa
<b>P3</b>	36,3	20,5	43,2	Franco-argilosa
<b>P4</b>	36,0	20,8	43,2	Franco-argilosa
<b>P5</b>	37,3	18,6	44,1	Franco-argilosa
<b>P6</b>	33,3	19,3	47,4	Franco-argiloarenosa
<b>M1</b>	31,4	24,1	44,5	Franco-argilosa
<b>M2</b>	27,4	30,1	42,5	Franco-argilosa
<b>M3</b>	28,1	21,0	50,9	Franco-argilosarenosa
<b>C1</b>	31,3	28,7	40,0	Franco-argilosa
<b>C2</b>	32,4	29,8	37,8	Franco-argilosa
<b>C3</b>	31,7	29,2	39,1	Franco-argilosa

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

A fertilidade do solo (SILVA, *et al.*, 2000; PEREZ; CAMPOS, 2003; DIAS, *et al.*, 2005), dada pela composição química da solução no solo (TABELA 3 e TABELA 4). A estrutura textural foi similar entre todas as áreas, mas a fertilidade do solo diferiu em relação ao Controle a qual pode ser considerada infértil. Os impactos ambientais, especialmente a perda da vegetação afetam a fertilidade do solo (LACLAU, *et al.*, 2003; GLOAGUEN, *et al.*, 2007).

A similaridade entre as áreas do Parque e Medicina pode ser atribuída ao elevado conteúdo de Matéria orgânica e aos índices de CTC (Capacidade de Troca

Catiônica), sugerindo presença de matéria orgânica húmica, que é responsável pela estabilidade e porosidade. A capacidade catiônica mostra se há estabilidade no solo e disponibilidade de nutrientes para as plantas, não permitindo que esses nutrientes sejam carregados facilmente pelas águas das chuvas. Ou seja, é a capacidade de troca de nutrientes do solo com a solução do próprio solo. Estes resultados explicam a similaridade na capacidade de retenção de água e umidade destes solos. Estes resultados confirmam e explicam o papel do Ficus na Medicina para a produção de matéria orgânica do solo, porosidade, retenção de água e umidade do solo e para o poderoso sistema de evapotranspiração no solo.

Tabela 3 – Dados da fertilidade do solo quanto a sua composição química nas três áreas: Parque (P1 a P6), Medicina (M1 a M3) e Controle (C1 a C3)

Site	M.O.	PH	P	K	Ca	Mg	H+Al	S.B
	Colorimétrico	CaCl	Resina	Resina	Resina	Resina	Tampão SMP	
		20,01M						
	g/dm <sup>3</sup>	-	mg/dm <sup>3</sup>	mmolc/ dm <sup>3</sup>	mmolc/ dm <sup>3</sup>	mmolc/ dm <sup>3</sup>	mmolc/ dm <sup>3</sup>	g/dm <sup>3</sup>
<b>P1</b>	34,33	5,65	26	2,1	86,6	11	22	99,7
<b>P2</b>	56	5,7	34,5	2	142,6	14,6	30,6	135,4
<b>P3</b>	35,3	5,5	26	1,2	72	8	27,6	81,2
<b>P4</b>	39,3	5,7	52,6	1,3	143,6	12,6	24	147,6
<b>P5</b>	40	5,9	40	31,15	134	11,6	22,6	148,8
<b>P6</b>	44,6	5,8	121	1,4	119	11,3	27	131
<b>M1</b>	29,6	4,03	11,3	1,33	57	7,3	28	65,6
<b>M2</b>	14,16	6	5,6	0,43	29,3	3,6	13	33,4
<b>M3</b>	56	5,7	14	1,5	103,6	7	32	158,8
<b>C1</b>	12	5,4	12	1,2	19	3	16	23
<b>C2</b>	15	5,5	13	0,9	28	3	15	23,8
<b>C3</b>	24	5,3	12	1,1	20	4	17	24

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

Tabela 4 – Dados da fertilidade do solo quanto a sua composição química nas três áreas: Parque (P1 a P6), Medicina (M1 a M3) e Controle (C1 a C3)

Site	C.T.C	V%	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				DTPA	DTPA	DTPA	DTPA
				PH 7,3	PH 7,3	PH 7,3	PH 7,3
	mmolc/ dm <sup>3</sup>	%	Água quente				

<b>P1</b>	121,7	81,6	0,28	8,5	38,6	33	13,1
<b>P2</b>	166,06	80,3	0,53	10,06	85,6	50,6	18,9
<b>P3</b>	108,9	74,6	0,32	4,6	45	33,1	6,3
<b>P4</b>	181,6	86,6	0,23	10,4	50,6	33,1	20,9
<b>P5</b>	171,4	86,3	0,32	2,6	47,6	26,8	6,4
<b>P6</b>	158,8	82,6	0,46	22,1	73,6	29,5	49,1
<b>M1</b>	93,6	70	8,14	3,9	22,3	68,2	14,8
<b>M2</b>	49,7	67,3	0,16	1,36	20,6	30,4	3,3
<b>M3</b>	190,8	83,3	0,47	3,6	57	59,4	16,4
<b>C1</b>	39,8	60	0,23	0,5	36	32	0,6
<b>C2</b>	40	58	0,28	0,5	39	33,8	0,5
<b>C3</b>	41	55	0,25	0,4	30	30	0,3

Fonte: Elaborada pela autora (2021).

O quadro a seguir (QUADRO 1) mostra que o número de árvores e a diversidade de espécies não difere entre os pontos dentro do parque, e que o número de indivíduos foi maior que aqueles encontrados na Medicina. Neste último são encontrados indivíduos isolados da espécie *Ficus elastica*. A presença desta espécie assume grande importância na manutenção do lençol freático, considerando que na estação chuvosa a quantidade de água e a retenção de água no solo na Medicina foi equivalente à do parque.

Ao todo, o parque conta com 277 espécies de arbóreas e arbustivas, sendo que várias arbóreas de grande porte desempenham papel preponderante na retenção de água no solo, a maioria está presente em todos os transectos analisados, como: Assacu, Araticum, Castanheira, Eucalipto, Ficus microcarpa, Ficus gameleira, Ficus italiano, Filicio, Guapuruvu, Ipê Rosa, Jalão, Jaqueira, Jatobá, Jenipapeiro, Manga, Mogno, Nogueira, Oiti, Paineira, Pau Brasil, Pau Rei, Pau d'Óleo, Sapucaia, Sete Cascas, Palmeira imperial, Mulungu Coral, Ficus, Figueira Branca.

Quanto mais área foliar e a densidade por unidade do terreno, maior será a radiação absorvida pelas folhas, maior a evapotranspiração, e menor será a radiação que atinge o solo, sendo menor a evaporação. Mas, por outro lado, o sistema radicular que é proporcional ao tamanho do indivíduo, garante a eficiência de translocação ou movimentação da água no processo de evapotranspiração.

Em dias de chuvas muito fortes, foi observado em alguns pontos um alagamento da área gramada, além do solo bastante encharcado, indicando significativa área de várzea pré-existente. Fazemos um destaque especial para os indivíduos das espécies de *Ficus elastica* que conseguem manter este continuum solo-planta-atmosfera, assegurando a retenção de água superficial no inverno e especialmente no verão em níveis de umidade equivalentes àqueles encontrados no Parque. São estes remanescentes de *Ficus elastica* da Faculdade de Medicina responsáveis pela força capilar da água no solo na área riparia e de várzea do Ribeirão Arrudas, desafiando a impermeabilização urbana.

Quadro 1 – Distribuição de espécies arbóreas significativas no Américo Renné Giannetti, (p1 - p6) e na escola de medicina (m1 – m3)

SITES	Nº TREES	SPECIES
-------	-------------	---------

P1	21	Chichá ( <i>Chicha Sterculia striata</i> ), Jaqueira ( <i>Artocarpus heterophyllus</i> ), Embauba ( <i>Cecropia</i> ), Ipê tabaco ( <i>Handroanthus albus</i> ), Pau mulato ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> ), Pau Rei ( <i>Pterigota brasiliensis</i> ), Paineira ( <i>Ceiba speciosa</i> ), Palmeira ( <i>Arecaceae</i> ), Mangueira ( <i>Mangifera indica</i> ), Pau Brasil <i>Paubrasilia echinata</i> ), Cassia pau preto ( <i>Cenostigma tocantinum ducke</i> ), Ficus ( <i>Ficus guaranitica</i> ), Ficus Italiano ( <i>Ficus elastica</i> ), Filício ( <i>Filicium decipiens</i> ), Figueira mata pau ( <i>Ficus americana</i> ), Assacu ( <i>Hura crepitans</i> ), Jalão ( <i>Syzygium cumini</i> )
P2	19	Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> ), Palmeira ( <i>Aracaceae</i> ), Castanheira ( <i>Bertholletia excelsa</i> ), Paineira ( <i>Ceiba speciosa</i> ), Pau Rei ( <i>Pterigota brasiliensis</i> ), Assacu ( <i>Hura crepitans</i> ), Jalão ( <i>Syzygium cumini</i> ), Buriti ( <i>Mauritia flexuosa</i> ), Bananeira ( <i>Musa</i> ), Ficus ( <i>Ficus insipida</i> ), Pau mulato ( <i>Calycophyllum spruceanum</i> ), Pau d'óleo ( <i>Copaifera langsdorfii</i> ), Sapucaia ( <i>Lecythis pisonis</i> )
P3	16	Palmeira ( <i>Arecaceae</i> ), Mulungu suinã ( <i>Erythrina verna</i> ), Mangueira ( <i>Mangifera indica</i> ), Jenipapo ( <i>Genipa americana</i> ), Jalão ( <i>Syzygium cumini</i> ), Ficus ( <i>Ficus microcarpa</i> ), Oiti ( <i>Licania tomentosa</i> ), Mogno ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), Castanheira ( <i>Bertholletia excelsa</i> ), Bambu ( <i>Bambusoideae</i> ), Sicômoro ( <i>Ficus sycomorus</i> ), Araticum ( <i>Annona montana</i> ), Nogueira de iguape ( <i>Juglans regia</i> )
P4	18	Bananeira ( <i>Musa</i> ), Filício ( <i>Filicium decipiens</i> ), Mulungu coral ( <i>Erythrina mulungu</i> ), Bambu ( <i>Bambusoideae</i> ), Jambo amarelo ( <i>Syzygium jambos</i> ), Mulungu coral ( <i>Erythrina verna</i> ), Palmeira Imperial ( <i>Roystonea oleracea</i> ), Ipê rosa ( <i>Handroanthus heptaphyllus</i> ), Jenipapo ( <i>Genipa americana</i> ), Palmeira ( <i>Arecaceae</i> )
P5	16	Nespera ( <i>Eriobotrya japônica</i> ), Bananeira ( <i>Musa</i> ), Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> ), Espatodea ( <i>Spathodea campanulata</i> ), Sete Cascas ( <i>Samanea tubulosa</i> ), Pau Brasil ( <i>Paubrasilia echinata</i> ), Unha de vaca ( <i>Bauhinia forficata</i> ), Sibipiruna ( <i>Caesalpinia pluviosa</i> ), Pau Rei ( <i>Pterigota brasiliensis</i> ), Ficus italiano ( <i>Ficus elastica</i> ), Tento carolina ( <i>Adenantha pavonina</i> ), Rafis <i>Rhapis excelsa</i> , Palmeira ( <i>Arecaceae</i> ), Ficus ( <i>Ficus microcarpa</i> )
P6	13	Embauba ( <i>Cecropia</i> ), Bananeira ( <i>Musa</i> ), Palmeira ( <i>Arecaceae</i> ), Mogno ( <i>Swietenia macrophylla</i> ), Magnolia amarela ( <i>Magnolia champaca</i> ), Eucalipto ( <i>Eucalyptus</i> ), Ficus italiano ( <i>Ficus elástica</i> ), Guapuruvu ( <i>Schizolobium parahyba</i> ), Jalão ( <i>Syzygium cumini</i> )
M1	1	Ficus ( <i>Ficus elastica</i> )
M2	1	Ficus ( <i>Ficus elastica</i> )
M3	1	Ficus ( <i>Ficus elastica</i> )

Fonte: elaborada pela autora

Dos resultados apresentados o que chama a atenção é o fato de que no Parque o conteúdo de água disponível e retido no solo foi mantido constante nas duas estações, especialmente nos pontos onde a água aflora, resultando em maior umidade solo. Esses dados, aliados ao grande número de afloramentos de água presentes no Parque, sugerem fortemente que a área de trabalho é uma área de ressurgência ou de manifestação superficial da água subterrânea do lençol freático.

Esta hipótese se respalda também no fato das drenagens subterrâneas que permeiam o Parque e áreas adjacentes constituírem várzeas e áreas de inundação do ribeirão Arrudas e dos Córregos Acaba Mundo e do Córrego da Serra.

A vegetação presente tanto no Parque quanto na Medicina sustenta e equilibra a água do solo numa área de inundação, executando o papel de uma floresta riparia para o controle das inundações. Inclusive em alguns locais do parque a água se mantém perene durante todo o ano (FIGURA 36).

Figura 36 – A água permanece na superfície durante todo o ano



Fonte: Elaborada pela autora (2021).

## 5 CONCLUSÃO

Os resultados apresentados evidenciam que a função ecossistêmica desta várzea permaneceu viva subterraneamente, ou seja, está havendo interação entre os elementos destes ecossistemas, e sua força se manifesta pelas ressurgências constantes e volumosas ao longo do parque, especialmente nos transectos 3 e 4. Essas ressurgências aparecem também entre os prédios na área hospitalar. A funcionalidade dos serviços ecossistêmicos de toda essa área deve especialmente às espécies arbóreas avultadas, como *Ficus elastica* (espécie comum no Parque e na Medicina). Apesar da Faculdade de Medicina ser uma área mais impactada, com o concreto dos prédios e o solo impermeabilizado, os poucos indivíduos de *Ficus* conseguem desempenhar o papel de várias árvores do Parque. A vegetação presente atua como tampão para as inundações, além da manutenção do lençol freático, sendo a principal responsável pelo equilíbrio hídrico nesta zona de estudo como uma floresta riparia. As duas vegetações (Parque e Medicina) são essenciais na manutenção dos serviços ecossistêmicos da área de várzea, funcionando como um verdadeiro tampão ambiental. Por fim conclui-se que o mantém de fato a água controlada no subsolo é a vegetação arbórea, uma vez que são as árvores as responsáveis pela força capilar da água no solo, mantendo o continuum solo-planta-atmosfera e contornando o problema da impermeabilização. Portanto, espécies de grande vulto, como *Ficus* e outras demonstradas no estudo, devem não só ser preservadas como plantadas em toda a área de várzea do Ribeirão Arrudas, evitando assim as constantes inundações que ocorrem em épocas de chuvas fortes, deixando consequências nefastas para a cidade e a população.

## REFERÊNCIAS

- AMARAL, R.. **O sequestro de carbono pela floresta urbana**: uma avaliação de desempenho em trechos da paisagem urbana de Belo Horizonte. 2015. 185 f. Dissertação (Mestrado em Ambiente Construído e Patrimônio Sustentável) – Escola de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2015.
- ARISTÓTELES. **Ética a Nicômaco**. Tradução: Luciano Ferreira de Souza. São Paulo: Martin Claret, 2015. 298 p.
- ARREGUY, C. A. C.; RIBEIRO, R. R. (Coord.). **Histórias de bairros [de] Belo Horizonte**: regional Nordeste. Belo Horizonte: APCBH; ACAP-BH, 2008, 62 p. Disponível em: [http://www.pbh.gov.br/historia\\_bairros/NordesteCompleto.pdf](http://www.pbh.gov.br/historia_bairros/NordesteCompleto.pdf). Acesso em: 16 nov.2021.
- AS PRECARIIDADES da drenagem urbana de Belo Horizonte. *In*: \_\_\_\_\_. **Curral Del Rey Blogspot**, Belo Horizonte, 2011. Disponível em: <http://curraldelrei.blogspot.com/2011/12/as-precariades-da-drenagem-urbana-de.html>. Acesso em: 22 jul. 2021.
- AZEVEDO, J. A. de; SILVA, E. M. da. **Tensiômetro**: dispositivo prático para controle da irrigação. Planaltina: Embrapa Cerrados – DF, 1999. 33 p. (Circular Técnica 001). Disponível em: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/76016/1/cirtec-01.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- BAIÃO, E.; SANTOS, C. H. B.; SANTOS, A. H.; MARQUES, G.; LIMA, J. C.; RIGOBELLO, E. C.; SCOTTI, M. R.. High C-and N-based soil fertility and microbial associations sustain the plant biodiversity of the campo rupestre in Brazil. **Geoderma Regional**, [S.l.]: Elsevier, v. 25, p. 1-9, 2021
- BALLINAS, M.; BARRADAS, V.. The urban tree as a tool to mitigate the urban heat island in Mexico City: a simple phenomenological model. **Journal of Environmental Quality**, [S.l.]: John Wiley & Sons, v. 45, n. 1, p. 157-166, 2016.
- BARRETO, A.. **Belo Horizonte**: memória histórica e descritiva – história antiga e história média. 2. Ed. Belo Horizonte: Fundação João Pinheiro, Centro de estudos históricos e culturais, 1996. 446 p. Disponível em: <http://www.bibliotecadigital.mg.gov.br/consulta/verDocumento.php?iCodigo=53258&codUsuario=542>. Acesso em: 16 nov. 2021.
- BERNATZKY, A.. The effects of trees on the urban climate. *In*: INTERNATIONAL ARBOCULTURAL CONFERENCE, 1983, Berkhamster. **Trees in the 21st century**. Berkhamster: Academic Publishers, 1983. p. 59-76.
- BILBAO, J.; ROMÁN, R.; MIGUEL, A. de.. Temporal and spatial variability in surface air temperature and diurnal temperature range in Spain over the period 1950 – 2011.

**Climate**, [S./]: MDPI, v. 7, n. 16, jan. 2019, p. 7-16. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2225-1154/7/1/16>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BIRDSEY, R.. **Carbon storage and accumulation in United States forest ecosystems**: General Technical Report WO-GTR – 59. Washington: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Washington Office. 1992, 51 p. Disponível em: <https://www.fs.usda.gov/treearch/pubs/15215>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BISHT, N.; SAH, V. K.; SATYAWALI, K.; TEWARI, S.; KANDPAL, G.. Assessment of soil quality and wheat yield under open and poplar-based farming system in *Tarai* region of Uttarakhand. **Indian Journal of Agricultural Research**, [S./]: ARCC JOURNALS; v. 52, n.1, p. 101-103, jan. 2018.

BLANCHART, A.; SÉRÉ, G.; JOHAN, C.; GILLES, W.; STAS, M.; CONSALÈS, J. N.; MOREL, J. L.; SCHWARTZ, C.. Towards an operational methodology to optimize ecosystem services provided by urban soils. **Landscape and Urban Planning**, [S./]: Elsevier, v. 176, p. 1–9, ago. 2018.

BOLIN, B.; SEETHARAM, M.; POMPEII, B.. Water resources, climate change, and urban vulnerability: a case study of Phoenix. **Local environment**, [S./]: Taylor & Francis, v. 3, n. 15, p. 261-279, 2010.

BOLUND, P.; HUNHAMMAR, S.. Ecosystem services in urban areas. **Ecological Economics**, [S./]: Elsevier, v. 29, n. 2, p. 293-301, maio 1999.

BORSAGLI, A.. **Do convívio a ruptura**: a cartografia na análise histórico-fluvial de Belo Horizonte (1894/ 1977). 2019. 224 f. Dissertação (Mestrado em Geografia – Tratamento da Informação Espacial) – Geografia, Pontifícia Universidade Católica de Minas Gerais, Belo Horizonte, 2019.

BORSAGLI, A.. **Rios invisíveis na metrópole mineira**. Belo Horizonte: Clube de Autores, 2016. 84 p.

BORSAGLI, A.; CASTRO, J. F. M.. Do protagonismo à invisibilidade: geografia histórica do córrego do Acaba Mundo e sua relação com o sítio de Belo Horizonte – MG (1716/1973). **Caderno de Geografia**, Belo Horizonte: PUC-MINAS, v. 31, n. 65, p.557-585, abr-jun. 2021. Disponível em: <http://periodicos.pucminas.br/index.php/geografia/article/view/26086>. Acesso em: 16 nov. 2021.

BRADY, N. C.; WEIL, R. R.. **The nature and properties of soil**. 14. ed. Upper Saddle River (NJ): Prentice Hall, 2008. 965 p.

BRASIL. Lei 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. **Diário Oficial da União:** seção 1, Brasília, DF, ano XX, n. X, p. XX-XX, 25 de maio de 2012. Disponível em: [www.botuvera.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/lei-12651-2012-codigo-florestal.pdf](http://www.botuvera.sc.gov.br/wp-content/uploads/2014/09/lei-12651-2012-codigo-florestal.pdf). Acesso em: 21 maio 2020.

CASTRIOTA, L. B... **Patrimônio cultural:** conceitos, políticas, instrumentos. São Paulo: Annablume. Belo Horizonte: IEDS, 2009. 379 p.

COSTANZA, R.; D'ARGE, R.; DE GROOT, R.; FARBER, S.; GRASSO, M.; HANNON, B.; LIMBURG, K.; NAEEM, S.; O'NEILL, R.; PARUELO, J.; RASKIN, R.; SUTTON, P.; VAN DEN BELT, M.. The value of world's ecosystem services and natural capital. **Nature**, [S.l.]: Springer Nature, v. 387, p. 253-260, 1997.

DANIDA. **Working paper for design and appraisal of capacity development activities in urban environmental management.** DANIDA Working group on experiences of analytical approaches to institutional capacity development within the field of urban environmental management. DANIDA, Copenhagen, 2004.

DELPOUX, M. **Ecosistema e paisagem, métodos em questão.** São Paulo: IGEOG/ USP, 1974. p. 1-23 (Série Métodos em Questão, n. 7).

DIAS, N. S.; DUARTE, S. N.; GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; SOARES, T. M.. Manejo da fertirrigação e controle da salinidade do solo sob ambiente protegido, utilizando-se extratores de solução do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, [S.l.]: [S.n.], v. 9, n. 4, p. 496-504, 2005.

EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo.** 2. Ed. rev. atual. Rio de Janeiro: Centro Nacional de Pesquisa de Solos, 1997. 212 p.

FORMAN, R. T. T.. **Land mosaics:** the ecology of landscape and regions. Cambridge: Cambridge University Press, 1995. 632 p.

FUNDAÇÃO JOÃO PINHEIRO, Centro de Estudos Históricos e Culturais. **Panorama e Belo Horizonte:** Atlas Histórico. Belo Horizonte: FJP, 1997 (Coleção Centenário), 103 p.

GIVONI, B.. Impact of planted areas on urban environmental quality: a review. **Atmospheric Environment. Part B. Urban Atmosphere**, [S.l.]: Elsevier, v.25, n. 3, p. 289-299, 1991.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M. C.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J.. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, [S.l.]: [Elsevier], v. 88, n.1, p. 119-131. 2007.

GOMÉZ-BAGGETHUM, E. G.; BARTON, D. N.. Classifying and valuing ecosystem services for urban planning. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 86, fev. 2013, p. 235-245.

GRIMM, N. B.; FAETH, S. H.; GOLUBIEWSKI, N. E.; REDMAN, C. L.; WU, J.; BAI, X.; BRIGGS, J.M.. Global change and the ecology of cities. **Science**, [S.l.]: American Association for the Advancement of Science, v. 319, n. 5864, p. 756-760, 2008.

GUIMARÃES, R. **Parque municipal**. Belo Horizonte: Conceito Editorial, 2005. 80 p. (Coleção BH: a cidade de cada um, v. 6).

HARDIN, P. J.; JENSEN, R. R.. The effect of urban leaf area on summertime urban surface kinetic temperatures: a Terre Haute case study. **Urban Forestry & Urban Greening**, [S.l.]: Science Direct, v.6, n. 2, p. 63-72, 25 maio 2007.

HARDOY, J. E.; MILTLIND, D.; SATTERTHWAITTE, D.. **Environmental problems in an urbanizing world**. 2. Ed. Londres: Routledge, 2001, 464 p.

HARDOY, J.; PANDIELLA, G. Urban poverty and vulnerability to climate change in Latin America. **Environment & Urbanization**, [S.l.]: Sage Publications, v.1, n. 21, p. 203–224, 2009.

HAUGHTON, G.; HUNTER, C.. **Sustainable cities, regional policy and development**. London: Routledge, 1994. 351 p.

HEIKKINEN, I.. **Saving nature for people**: national strategy and action plan for conservation and sustainable use of biodiversity in Finland 2006-2016. Helsink: Ministry of the Environment, 2007. 159 p.

HIGGINS, S. I.; TURPIE, J. K.; COSTANZA, R.; COWLING, R. M.; LE MAITRE, D. C.; MARAIS, C.; MIDGLEY, G. F.. An ecological simulation model of mountain fynbos ecosystems: dynamics, valuation and management. **Ecological Economics**, [S.l.]: Elsevier, v. 22, n. 2, p. 141-156, 1997.

HILLEL, D.. **Environmental soil physics**. San Diego, CA: Academic Press, 1998. 800 p.

HISTÓRIA – Belo Horizonte (MG). In:\_\_\_\_\_. **Instituto Do Patrimônio Histórico E Artístico Nacional**. [S.l.]: IPHAN, c2014. Disponível em: <http://portal.iphan.gov.br/pagina/detalhes/1832/>. Acesso em: 25 out. 2021.

HOUGH, M.. **City form and natural process**. London: Routledge, 1984, 281 p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Evolução da divisão territorial do Brasil 1872-2010**. Rio de Janeiro: IBGE - Diretoria de Geociências, 2011. 261 p.

INSTITUTO DE PESQUISAS TECNOLÓGICAS – IPT. **Florestas urbanas**. 2016

JORGE, R. F.; ALMEIDA, C. X. de; BORGES, E. N.; PASSOS, R. R.. Distribuição de poros e densidade de latossolos submetidos a diferentes sistemas de uso e manejo. **Bioscience Journal**, [S.l.]: [S.n.], v. 28, p. 159-169, 2012.

KANZLER, M.; BÖHM, C.; MIRCK, J.; SCHMITT, D.; VESTE, M.. Microclimate effects on evaporation and winter wheat (*Triticum aestivum* L.) yield within a temperature agroforestry system. **Agroforestry Systems**, [S.l.]: Springer, v. 93, p. 1821-1842, 2019.

KESSLER, R.. Stormwater strategies: cities prepare aging infrastructure for climate change. **Environmental Health Perspectives**, [S.l.]: Focus, v.12, n. 119, p. a514–a519, 2011.

KIMURA, A. C.; BAPTISTA, M. B.; SCOTTI, M. R. Soil humic acid and aggregation as restoration indicators of seasonally flooded riparian forest under buffer zone system. **Ecological Engineering**, [S.l.]: Elsevier, v. 98, p. 146-156, 2017.

KIMURA, A. C.; SCOTTI, M. R.. Soil aggregation and arbuscular mycorrhizal fungias indicators of slope rehabilitation in the San Francisco river basin (Brazil). **Soil & Water Research**, República Tcheca: Czech Academy of Agricultural Sciences, v.11, n. 2, 114–123. 2016.

KONIJNENDIJK, C., GAUTHIER, M., VAN VEENHUIZEN, R. (Ed.). Trees and cities: growing together. [S.l.]: [S.l.]: [S.n.], n.13, p. 1–7, 2004. (Editorial)

LACLAU, J. P.; RANGER, J.; NZILA, J. D.; BOUILLET, J. P.; DELEPORTE, P.. Nutrient cycling in a clonal stand of Eucalyptus and an adjacent savanna ecosystem in Congo 2. **Forest Ecology and Management**, [S.l.]: Elsevier, v.180, n.1-3, pp.527-544, 2003. Disponível em: <https://hal.archives-ouvertes.fr/hal-02674957>. Acesso em: 16 nov. 2021.

LI, F.; LIU, X.; ZHANG, X.; ZHAO, D.; LIU, H.; ZHOU, C.; WANG, R.. Urban ecological infrastructure: an integrated network for ecosystem services and sustainable urban systems. **Journal of Cleaner Production**, Hong-Kong: City University of Hong Kong, v. 163, p.s12-s18, 2017.

LI, Y.; WARDLAW, N. C.. Mechanisms of nonwetting phase trapping during imbibition at slow rates. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S.l.]: Elsevier, v. 109, n. 2, p. 473-486, fev. 1986.

LIVESLEY, S. J.; McPHERSON, G. M. e CALFAPIETRA, C.. The urban forest and ecosystem services: impacts on urban water, heat, and pollution cycles at the tree, street, and city scale. **Journal of Environmental Quality**, [S.l.]: John Wiley & Sons, v. 45, n.1, p. 119-124, 2016.

MACIEL, M.C. **O projeto em arquitetura paisagística: praças e parques públicos em Belo Horizonte**. 1998. 255 f. Tese (Doutorado em Arquitetura e Urbanismo) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1998.

MAGNANINI, A.; MAGNANINI, C.. **Árvores gigantes da Terra e as maiores assinaladas no Brasil**, 2. Ed. São Paulo: Conselho Nacional da Reserva da Biosfera da Mata Atlântica, 2002. (Série Ciência e Pesquisa, Caderno n. 20). Disponível em: [http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno\\_20.pdf](http://www.rbma.org.br/rbma/pdf/Caderno_20.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

MASON, G.; MORROW, N. R.. Capillary behavior of a perfectly wetting liquid in irregular triangular tubes. **Journal of Colloid and Interface Science**, [S.l.]: Elsevier, v.141, n. 1, p. 262-274, 1991.

MATIAS, S. S. R.; BORBA, J.A.; TICELLI, M.; PANOSSO, A.R.; CAMARA, F.T.. Atributos físicos de um latossolo vermelho submetido a diferentes usos. **Revista Ciência Agrônômica**, Fortaleza: Universidade Federal do Ceará, v. 40, n. 3, p. 331-338, 2009.

McHARG, I. L.. **Design with nature**. Nova York: Natural History Press, 1969. 197 p.

McPHERSON, E. G.. Atmospheric carbon dioxide reduction by Sacramento's urban forest. **Journal of Arboriculture**, [S.l.]: Forest Service, U.S. Department of Agriculture, v. 24, n. 4, p. 215-223, 1998. Disponível em: [https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw\\_1998\\_mcpherson003.pdf](https://www.fs.fed.us/psw/publications/mcpherson/psw_1998_mcpherson003.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

McPHERSON, E. G.; SIMPSON, J. R.. **Carbon dioxide reduction through urban forestry**: guidelines for professional and volunteer tree planters: Gen. Tech. Rep. PSW-GTR-171. Albany, CA: U.S. Department of Agriculture, Forest Service, Pacific Southwest Research Station. 1998. 237p.

MELO, B. M.; DIAS, D. P.. Microclima e conforto térmico de remanescentes florestais urbanos no município de Jataí – GO. **Revista da Sociedade Brasileira de Arborização Urbana**, Curitiba: UFPR, v.14, n. 2, p. 01-15, 2019. Disponível em: <https://revistas.ufpr.br/revsbau/article/view/66637/pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MILLENIUM ECOSYSTEM ASSESSEMENT. **Ecosystems and human well-being**: biodiversity synthesis. Washington D.C.: World Resources Institute, 2005. 137 p. Disponível em: <https://www.millenniumassessment.org/documents/document.356.aspx.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

MORENO-GARCÍA, M. C.. Intensity and form of urban heat island in Barcelona. **International Journal of Climatology**, [Londres]: Royal Meteorological Society, v. 14, n. 6, p. 705-710, 1994.

MOTTA, R. S. da; HARGRAVE, J.; LUEDEMANN, G; GUTIERRE, M. B. S. (Ed.). **Mudança do clima no Brasil: aspectos econômicos, sociais e regulatórios**. Brasília: IPEA, 2011. 440 p.

NASKALI, A.; HIEDANPÄÄ, J.; SUVANTOLA, L.. Biodiversity as an economic issue. **Suomen ympäristö**, Helsinki: Ympäristöministeriö v. 48, n. 1., p. 141. 2006.

NETO, L.M.; SEGNINI, A.; SIMÕES, M.L.; MILORI, D.M.B.P.; SILVA, W.T.L.; PRIMAVESI, D.. **Dinâmica e estabilidade da matéria orgânica em área com potencial para sequestro de carbono no solo**. São Carlos, SP: Embrapa Instrumentação Agropecuária, 2005. (Embrapa Instrumentação Agropecuária - Documentos, 17). Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/28456/1/DOC172005.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

NEVES, M.C.C.B.. **Levantamento e mapeamento da vegetação arbórea e arbustiva do parque municipal Américo Renné Giannetti** – Belo Horizonte. 2007. Monografia (Especialização Lato Sensu Paisagismo e Plantas Ornamentais) – Ciências Florestais, Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2007.

NIMELÄ, J.; SAARELA, S. R.; SÖDERMAN, T.; KOPPEROINEN, L.; YLI-PELKONEN, V.; VÄRE, S.; KOTZE, D. J.. Using the ecosystem services approach for better planning and conservation of urban green spaces: A Finland case of study. **Biodiversity and Conservation**, [S.l.]: Springer, v. 19, p. 3225-3243, 2010.

NOWAK, D.J. Atmospheric carbon dioxide reduction by Chicago's urban forest. *In*: McPHERSON, E. G.; NOWAK, D. J.; ROWNTREE, R. A. (Ed.). **Chicago's urban forest ecosystem: results of the Chicago urban forest climate project**. Gen. Tech. Rep., NE – 186. Radnor, PA: US. Department of agriculture, Forest Service, Northeastern Forest Experiment Station, 1994. Cap. 6. p. 83-94. Disponível em: [https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr\\_ne186.pdf](https://www.nrs.fs.fed.us/pubs/gtr/gtr_ne186.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

OKE, T. R.. Urban environments. *In*: BAILEY, W. G.; OKE, T.R.; ROUSE, W. R. (Ed.). **The Surface Climates of Canada**. Montreal: McGill-Queen's University Press, 1997. Cap 13. p. 303–327.

OLIVEIRA, R.S.; DAWSON, T. E.; BURGESS, S. S. O.; NEPSTAD, D. C.. Hydraulic redistribution in three Amazonian trees. **Oecologia**, [S.l.]: Springer, v. 145, n. 3, p. 354-363, 2005.

OLIVEIRA, G. G.; OLIVEIRA, G. C.; SILVA, E. A.; CARDUCCI, C. E.; BARBOSA, S. M.; SILVA, B. M. Indicadores de qualidade física para argissolos sob pastagens nas regiões leste e sul de Minas Gerais. **Revista Ciências Agrárias**, Roraima: UFRA v.58, n.4, p. 388-395, 2015. Disponível em: <https://periodicos.ufra.edu.br/index.php/ajaes/article/view/2092>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PELLEGRINO, P. R. M.. **Paisagem e ambiente: um processo de aproximação no setor oeste da macrometrópole de São Paulo**. São Paulo, 1987. 113 f. Dissertação

(Mestrado) – Faculdade de Arquitetura e Urbanismo, Universidade de São Paulo, São Paulo, 1987.

PEREZ, D. V.; CAMPOS, R. C. **Solução do solo**: importância e extração por centrifugação. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2003. 36 p. (Embrapa Solos – Documentos, n. 48). Disponível em: [https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11579/1/doc48\\_2003\\_solucao\\_solo.pdf](https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPS/11579/1/doc48_2003_solucao_solo.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

PICKETT, S. T. A.; CADENASSO, M. L.; GROVE, J. M.; NILON, C. H.; POUYAT, R. V.; ZIPPERER, W. C.; COSTANZA, R.. Urban ecological systems: linking terrestrial ecological, physical, and socioeconomic components of metropolitan areas. **Annual Review of Ecology and Systematics**, [S.l.]: [S.n.], v. 32, p. 127-157, 2001.

PRAMOVA, E.; LOCATELLI, B.; DJOUDI, H.; SOMORIN, O. A.. Forests and trees for social adaptation to climate variability and change. **Wiley Interdisciplinary Reviews: climate change**, [S.l.]: [S.n.], v. 3, n. 6, p. 650 – 671, 2012. Disponível em: <https://wires.onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1002/wcc.195>. Acesso em: 16 nov. 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Parque Municipal Américo Renné Giannetti. *In*: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **PBH.GOV**, Belo Horizonte, 2021. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-de-parques-e-zoobotanica>. Acesso em: 22 mar. 2021.

PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. Revitalização de Nascentes. *In*: PREFEITURA DE BELO HORIZONTE. **PBH.GOV**, Belo Horizonte, 2018. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/noticias/revitalizacao-de-nascentes-gera-lazer-para-comunidades>. Acesso em: 28 fev. 2020.

REES, W. E.. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. **Environment & Urbanization**, [S.l.]: Sage Publications, v. 4, n. 2, p. 121–130, 1992.

REIS, A.. **Revista geral dos trabalhos**: publicação periódica, descritiva e estatística, feita com autorização do governo do estado, sob a autorização do engenheiro chefe Aarão Reis. Rio de Janeiro: H. Lombaerts; Comissão Construtora da Nova Capital 1895. 148 p. v. 2. Disponível em: <https://www2.senado.leg.br/bdsf/handle/id/242462>. Acesso em: 16 nov. 2021.

RELATÓRIOS DOS PREFEITOS. **Belo Horizonte**: APCBH. 1898-2005.1899-1974. Disponível em: <https://prefeitura.pbh.gov.br/fundacao-municipal-de-cultura/arquivo-publico/acervo/relatorio-de-prefeito>. Acesso em: 16 nov. 2021.

REVI, A.. **Lessons from the deluge**: priorities for multi-hazard risk mitigation. **Economic and Political Weekly**, [S.l.]: JSTOR, v. 40, n. 36, p. 3911-3916, set. 2005.

REVI, A.; SATHERTHWAITE, D.E.; ARAGON-DURAND, F.; CORFEE-MORLOT, J.; KIUNSI, R.B.R.; PELLING, M.; ROBERTS, D.C. e SOLECKI, W. **Urban areas**. In: FIELD, C.B.; BARROS, V.R.; DOKKEN, D.J.; MACH, K.J.; MASTRANDREA, M.D.; BILIR, T.E.; CHATTERJEE, M.; EBI, K.L.; ESTRADA, Y.O.; GENOVA, R.C.; GIRMA, B.; KISSEL, E.S.; LEVY, A.N.; McCracken, S.; MASTRANDREA, P.R.; and WHITE, L.L. (Ed.). **Climate change 2014 - Impacts, adaptation, and vulnerability: Part A: Global and sectorial aspects**. Contribution of working group II to the fifth assessment report of the Intergovernmental Panel on Climate Change. Cambridge; Nova York: Cambridge University Press, 2014. Cap. 8. p. 535–612. Disponível em: [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap8\\_FINAL.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/WGIIAR5-Chap8_FINAL.pdf). Acesso em: 16 nov. 2021.

RIBES, A.; THAOS, S.; VAUTARD, R.; DUBUISSON, B.; SOMOT, S.; COLIN, J.; SOUBEYROUX, J. M.. Observed increase in extreme daily rainfall in the French mediterranean. **Climate Dynamics**, [S.l.]: Springer, v. 52, p. 1095-1114, 2019.

ROBERTS, J.N.; SCHWARTZ, L.M. Grain consolidation and electrical conductivity in porous media. **Physical Review B**, [S.l.]: American Physical Society, v. 31, n. 9, p. 5990-5997, 1985.

ROGERS, R.; GUMUCHDJIAN, P.. **Cidades para um pequeno planeta**. São Paulo: Gustavo Gilli, 2015. 196 p.

ROMERO-LANKAO, P.; DODMAN, D.. Water in Mexico-City: **What will climate change bring to its history of water-related hazards and vulnerabilities?** **Environment & Urbanization**, [S.l.]: Sage Publications, v.22, n. 1, p.157–178, 2010.

ROMERO-LANKAO. P.; DODMAN, P. D. Cities in transition: transforming urban centers from hotbeds of GHG emissions and vulnerability to seedbeds of sustainability and resilience – introduction and editorial overview. **Current Opinion in Environmental Sustainability**, [S.l.]: Elsevier, v. 3, n. 3, p.113–120, 2011.

RUSSO, A.; IGNATIEVA, M. CIRELLA, G.T. BELELLI, M. L.; KRESTOV, P.; KORZHOV, E.; KALITA, V.; PAVLOVSKY, V.; ESCOBEDO, F. J. Biophilia: Nature-based solutions for sustainable cities. In: IGNATIEVA, M; MELNICHUK, I. (Ed.). **THREE PILLARS OF LANDSCAPE ARCHITECTURE: DESIGN, PLANNING AND MANAGEMENT. NEW VISIONS**, I. jun. 2017. São Petersburgo. **Conference proceedings**, São Petersburgo: State Polytechnic University; Polytechnic University Publishing House, 2017. p. 105-112.

SANTOS, H. V.; SCOTTI M. R.. Riparian reforestation with a single exotic species restores soil aggregation and porosity but not humic substances. **Soil Use and Management**, [S.l.]: British Society of Soil, v. 34, n.1, p.124–133. mar. 2018.

SAVARD, J. P. L.; CLERGEAU, P.; MENNECHEZ, G.. Biodiversity concepts and urban ecosystems. **Landscape And Urban Planning**, [S.l.]: Elsevier, 48, n.3-4, p. 131-142, 2000.

SCHOLZ, F.G.; BUCCI, S. J.; GOLDSTEIN, G.; MEINZER, F. C.; FRANCO, A. C.; ZHANG, S.; HAO G-Y. Hydraulic redistribution of soil water by neotropical savan trees. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, Campos dos Goytacazes, RJ: Centro de Ciências e Tecnologias Agropecuárias - UENF, v. 22, p. 603-612, 2002.

SHERBININ, A. de; SCHILLER, A.; PULSIPHER, A.. The vulnerability of global cities to climate hazards. **Environment & Urbanization**, [S.l.]: Sage Publications, v. 1, n. 19, p. 39–64, 2007. Disponível em: <https://journals.sagepub.com/doi/pdf/10.1177/0956247807076725>. Acesso em: 16 nov. 2021.

SILVA, E. F. F.; ANTI, G. R.; CARMELLO, Q. A. C.; DUARTE, S.N.. Extratores de cápsulas porosas para o monitoramento da condutividade elétrica e do teor de potássio na solução de um solo. **Scientia Agricola**, Piracicaba: ESALQ, v. 57, n. 4, p. 785-789, 2000.

SILVA, E. A.; BENEVENUTE, P. A. N.; MELO, L. B. B. Qualidade física de um latossolo estimada por estudos das curvas de retenção de água, indicadores de fácil determinação e “índice S”. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa: [S.n.], v.11, n. 4, p. 49-54, 2017.

SILVA, A. C.; SILVA, V.E.; B. P. C; CAMARGO, P. B.; PEREIRA, R. C.; BARRAL, U. M.; BOTELHO, A. M. M.; TORRADO, P. V.. Composição lignocelulósica e isotópica da vegetação e da matéria orgânica do solo de uma turfeira tropical II – substâncias húmicas e processos de humificação. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v. 37, n. 1, jan-fev. 2013.

SOUZA, M. L. **Mudar a cidade**: uma introdução crítica ao planejamento e à gestão urbanos. 11. ed. Rio de Janeiro: Bertrand Brasil, 2016. 556 p.

TARDIN, R. **Espaços livres**: sistema e projeto territorial. Rio de Janeiro: 7 Letras, 2008. 255 p.

TEIXEIRA, P.C.; DONAGEMMA, G. K.; FONTANA, A.; TEIXEIRA, W. G.. **Manual de métodos de análise de solo**. 3. Ed. rev. ampl. Brasília, DF: EMBRAPA, 2017. 573 p. Disponível em: <https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/handle/doc/1085209>. Acesso em: 16 nov. 2021.

TULLER, M. Retention of water in soil and the soil water characteristic curve. **Soil water characteristic**, [S.l.]: [S.n.], Elsevier, p. 278-289. 2004.

T.W. PROSSER COMPANY. **Irrrometer – moisture indicator**: reference book. Arlington: [S.n.], [S.d.], 30 p.

VIEIRA, J.A. **Estimativa do estoque de carbono presente na biomassa vegetal arbórea do Parque Municipal Américo Renné Giannetti – Belo Horizonte/MG**. 2019.72 f. Dissertação (Mestrado Profissional em Sustentabilidade e Tecnologia

Ambiental) – Instituto Federal de Minas Gerais, Bambuí, 2019. Disponível em: <https://repositorio.bambui.ifmg.edu.br/index.php/mpsta/article/view/59/52>. Acesso em: 17 nov. 2021.

VILHENA, K.N. Parque Municipal de Belo Horizonte: História e Memória. **Licere**, Belo Horizonte: UFMG, v.8, n. 2, p. 50-62, 2005. Disponível em: <https://periodicos.ufmg.br/index.php/licere/article/view/1519/1078>. Acesso em: 17 nov. 2021.

VILLARREAL, E.L.; BENGTSSON, L.. Response of a sedum green-roof to individual rain events. **Ecological engineering**, [S.l.]: Elsevier, v. 25, n. 1, p. 1-7, 2005.

WALSH, C. J.; FLETCHER, T. D.; BURNS, M. J.. Urban stormwater runoff: A new class of environmental flow problem. **Plos One**, São Francisco, CA: PLOS, v. 7, n. 9, p. 1-10, 2012. Disponível em: <https://journals.plos.org/plosone/article/file?id=10.1371/journal.pone.0045814&type=printable>. Acesso em: 17 nov. 2021.

WANDERLEY, H. S.; MIGUEL, V.C.. Mudança dos elementos meteorológicos em função da degradação da floresta urbana. **Ciência Florestal [online]**, Santa Maria: UFSM, v. 29, n. 2, p. 834-843, 2019. Disponível em: <https://periodicos.ufsm.br/cienciaflorestal/article/view/32090/pdf>. Acesso em: 08 jun. 2021.

WANG, W. J.; BALDOCK, J. A.; DALAL, R. C.; MOODY, P. W.. Decomposition dynamics of plant materials in relation to nitrogen availability and biochemistry determined by NMR and wet-chemical analysis. **Soil Biology Biochemistry**, [S.l.]: Elsevier, v. 36, n. 12, p. 2045–2058, 2004.

WENDLING, B.; FREITAS, I. C. V.; OLIVEIRA, R. C.; BABATA, M. M.; BORGES, E. N.. Densidade, agregação e porosidade do solo em áreas de conversão do cerrado em floresta de pinus, pastagem e plantio direto. **Bioscience Journal**, Uberlândia: UFU, v. 28, n. 1, p. 256-265, 2012. Supl. 1. Trabalho apresentado no 33º Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, 2011, Uberlândia.

WHALEY, W.R.; JENKINS, M.; OBER, E. Measurement of the matric potential of soil water in the rhizosphere. **Journal of experimental botany**, Oxford: Oxford University Press, v. 64, n. 13, p. 3951-3963, 2013.

WILLEMS, P.; ARNBJERG-NIELSEN, K.. **Climate change as a driver for urban drainage paradigm change**. *Water* 21, v.15, n.1, p. 23-24, 2013.

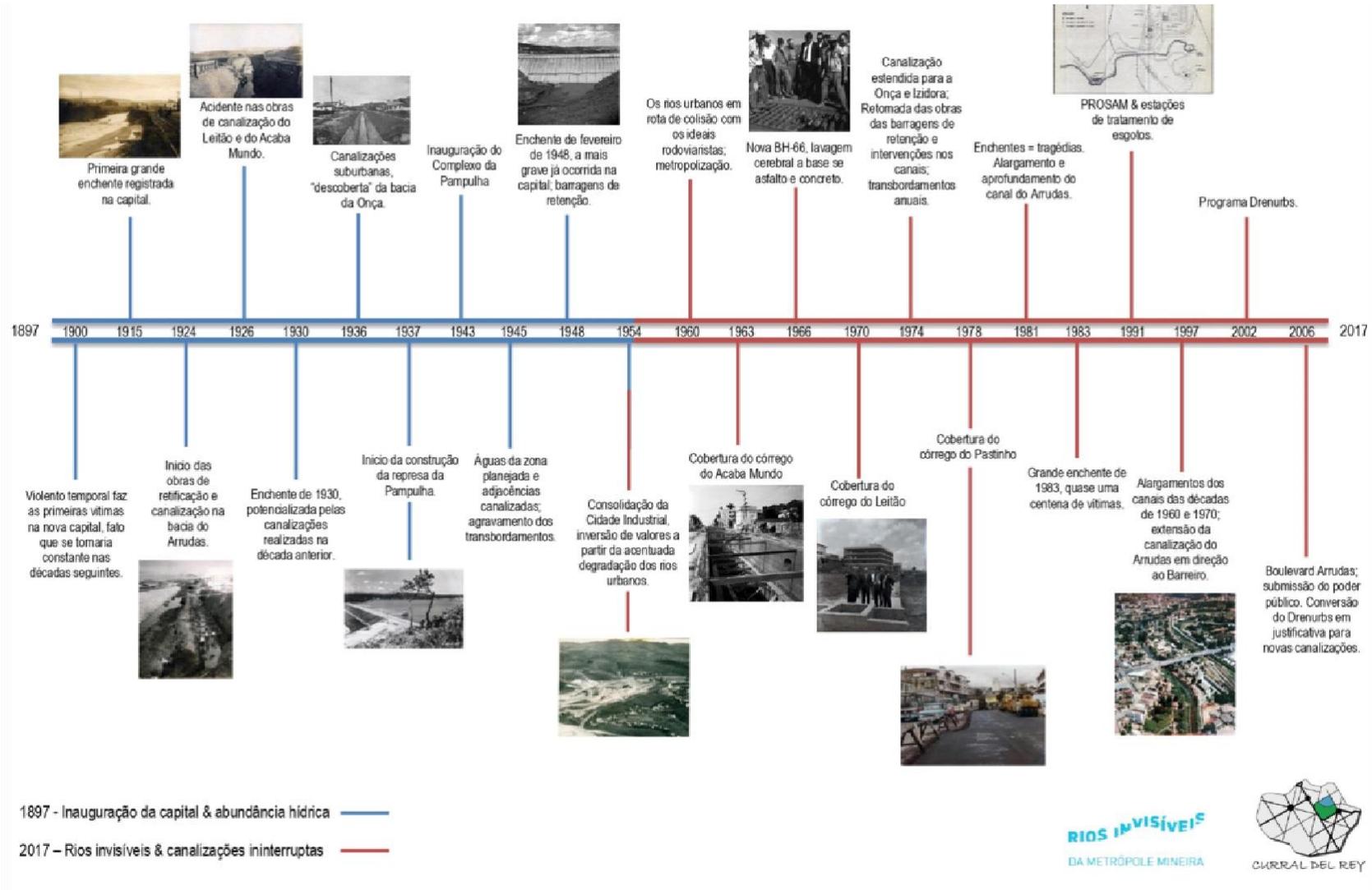
WILLIAMS, G. **Study on Disaster Risk Reduction, Decentralization and Political Economy: The Political Economy of Disaster Risk Reduction**. Geneva: UNISDR Secretariat; UNDP, 2011. 178 p. Disponível em: <https://www.undp.org/sites/g/files/zskgke326/files/publications/Global%20Assessment%20Report%20on%20Disaster%20Risk%20Reduction.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2021.

WILLIAMS, J.; SHAYKEWICH, C.F. The influence of soil water matric potential on the strength properties of unsaturated soil. **Soil Science Society of America Journal**, [S.l.]: Wiley, v. 34, n. 6, p. 835-840, 1970.

WOHLLEBEN, P. **A vida secreta das árvores**. Rio de Janeiro: Sextante, 2017. 190 p.

WORLD METEOROLOGICAL ORGANIZATION. **Future Climate Change Research and Observations**: GCOS, WCRP IGBP report and IGBP learning from the IPCC fourth assessment report. Geneva: WMO, 2008. 57 p. (WMO/TD, n.1418). Disponível em: [https://library.wmo.int/doc\\_num.php?explnum\\_id=3826](https://library.wmo.int/doc_num.php?explnum_id=3826). Acesso em: 16 nov. 2021.

# ANEXO A – Cronologia dos rios urbanos ao longo dos anos



Fonte: BORSAGLI, 2016.

**RIOS INVISÍVEIS**  
DA METRÓPOLE MINEIRA

