



CENTRO UNIVERSITÁRIO LUTERANO DE PALMAS

Recredenciado pela Portaria Ministerial nº 1.162, de 13/10/16, D.O.U. nº 198, de 14/10/2016
AELBRA EDUCAÇÃO SUPERIOR - GRADUAÇÃO E PÓS-GRADUAÇÃO S.A.

Daniel Santos Costa

DEFINIÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS: uso da técnica de Apoio Multicritério à
Decisão no contexto de uma proposta de quadra sustentável em Palmas – TO

Palmas – TO

2020

Daniel Santos Costa

DEFINIÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS: uso da técnica de Apoio Multicritério à
Decisão no contexto de uma proposta de quadra sustentável em Palmas – TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Palmas – TO

2020

Daniel Santos Costa

DEFINIÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS: uso da técnica de Apoio Multicritério à
Decisão no contexto de uma proposta de quadra sustentável em Palmas – TO

Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) I elaborado e
apresentado como requisito parcial para obtenção do
título de bacharel em Engenharia Civil pelo Centro
Universitário Luterano de Palmas (CEULP/ULBRA).

Orientador: Prof. Me. Fernando Moreno Suarte Júnior.

Aprovado em: ____/____/____

BANCA EXAMINADORA

Prof. M.e Fernando Moreno Suarte Júnior Orientador
Orientador
Centro Universitário Luterano de Palmas – CEULP

Prof.a Dra. Nome do 1º Avaliador ou Avaliador Interno
Nome da Instituição

Prof.a Dra. Nome do 2º Avaliador
Nome da Instituição

Palmas – TO

2020

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, autor de toda sabedoria e que conduz minha vida em caminhos abençoados, me dando a oportunidade ingressar no curso dos meus sonhos, conseguir traçar e concluir todas as etapas da graduação e ainda me presenteando com muitas pessoas que marcaram e ainda marcam minha vida.

Agradeço ainda aos meus familiares, principalmente aos meus pais Cícero e Cícera, que independente de suas condições financeiras me incentivaram no processo da minha graduação; sou extremamente grato pela minha mãe e por todo o esforço que ela sempre fez para me proporcionar um futuro bom e cheio de conhecimentos.

A minha irmã que sempre esteve comigo, independente de nossas diferenças. Sou muito feliz por ser amiga e companheira de muitos momentos, por me ajudar a realizar sonhos que eu não conseguiria sozinho.

Agradeço a Tia Lucia por sempre acreditar no meu potencial, por estar presente nos meus momentos mais difíceis, por agir como um anjo da guarda quando me vi sem saída. Agradeço à Gessica, Jeyson, Edilson, Maryana, Raimunda, Thais, Thainá, Josemar e a todos da minha família que sempre estiveram comigo.

Aos meus amigos que a faculdade me apresentou, principalmente ao Douglas por me acompanhar nos melhores e piores momentos da minha graduação, por ser um irmão com a mão sempre estendida para me ajudar a levantar das várias quedas que tive nesse processo. Sou extremamente grato a ele e sua mãe a Dona Val, que me receberam de portas abertas em sua casa e que ainda hoje fazem muito por mim. São pessoas que Deus colocou na minha vida para se tornarem membros muito especiais da minha família.

À minha amiga Sâmara, que se tornou uma irmã e parceira de profissão, dividimos muitos momentos bons, muitas alegrias e conquistas. Ao Lucas que nunca mediu esforços para me ajudar, sempre presente na minha vida e todos os amigos e colegas pelo apoio no período da minha graduação.

Agradeço aos professores e colaboradores do CEULP/ULBRA, por contribuírem tanto para a minha formação profissional, à Prof.^a Dra Ângela Ruriko, minha orientadora de TCC I, que sempre esteve presente e nunca mediu esforços para me auxiliar. Ao prof. M.e. Fernando Suarte por me ajudar a concluir este trabalho, sempre me ofertando conhecimentos ao Prof. M.e Thyago e a todos que de alguma forma contribuíram para a conclusão da minha graduação.

RESUMO

COSTA, Daniel Santos. **PARÂMETROS TÉCNICOS NA ESCOLHA DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS: uso da técnica de Apoio Multicritério à Decisão no contexto de uma proposta de quadra sustentável em Palmas – TO.** 2020. 84 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Engenharia Civil, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

A expansão dos centros urbanos tem gerado muitas problemáticas, principalmente ambientais, em decorrência da necessidade de expandir de forma mais sustentável, as cidades e bairros sustentáveis tem se tornado cada dia mais constantes. Afim de minimizar os efeitos ocasionados pelas chuvas e as falhas de infraestrutura urbana, o pavimento permeável tem sido uma solução ambientalmente necessária. Dessa forma o presente trabalho traz a aplicação do Apoio Multicritério a Decisão (AMD), como forma de facilitar o processo de escolha de um pavimento permeável para uma quadra sustentável, tendo como objeto de estudo uma gleba em Palmas – TO que está sendo parcelada (como trabalho de conclusão de curso) por um acadêmico de Arquitetura do CEULP/ULBRA. As alternativas de pavimentos trazidas nesta pesquisa são: os Pavimento de Concreto Permeável (PCP), Concreto Asfáltico Poroso (CPA), Peças Pré-moldadas de Concreto (PPC convencional), Peças Pré-moldadas de Concreto com juntas alargadas/drenantes (PPC juntas drenantes) e o Peças Pré-moldadas de Concreto Permeáveis (PPCP). Para medir o nível de preferências das alternativas, foram realizadas pesquisas com profissionais e pesquisadores da área de urbanismo, para conhecer os objetivos mais relevantes para o processo de decisão, a partir das pesquisas foi possível perceber a subjetividade de cada entrevistado em relação as suas preferências, foi possível ainda ter ciência da importância de considerar vários parâmetros para definir uma opção que atenda de forma ampla as necessidades dos usuários. Como resultado da pesquisa o pavimento de Concreto Asfáltico Poroso (CPA) foi o recomendado para o cenário em estudo, de forma que esse contribua ambiental, social e economicamente.

Palavras-chave: Pavimento permeável. Apoio Multicritério a decisão. Sustentabilidade.

ABSTRACT

COSTA, Daniel Santos. **TECHNICAL PARAMETERS IN THE CHOICE OF PERMEABLE FLOORS: use of the Multicriteria Decision Support technique in the context of a sustainable court proposal in Palmas - TO.** 2020. 84 f. Course Completion Work (Undergraduate) – Course of Civil Engineering, University Center Lutheran of Palmas, Palmas/TO, 2020.

The expansion of urban centers has generated many problems, mainly environmental, due to the need to expand in a more sustainable way, sustainable cities and neighborhoods have become more and more constant. In order to minimize the effects caused by rains and urban infrastructure failures, permeable pavement has been an environmentally necessary solution. Thus, the present work brings the application of Multicriteria Support to Decision (AMD), as a way to facilitate the process of choosing a permeable pavement for a sustainable block, having as object of study a plot in Palmas - TO that is being parceled out (as a course conclusion work) by an Architecture student at CEULP / ULBRA. The pavement alternatives brought in this research are: The Permeable Concrete Pavement (PCP), Porous Asphalt Concrete (CPA), Precast Concrete Parts (conventional PPC), Precast Concrete Parts with extended / draining joints (PPC joints drainage) and o Pre-cast Concrete Permeable Parts (PPCP). In order to measure the level of preferences for the alternatives, surveys were carried out with professionals and researchers in the field of urbanism, in order to know the most relevant objectives for the decision-making process, from the surveys it was possible to perceive the subjectivity of each interviewee in relation to their preferences, it was also possible to be aware of the importance of considering several parameters to define an option that broadly meets the needs of users. As a result of the research, the Porous Asphalt Concrete (CPA) pavement was recommended for the scenario under study, so that it contributes environmentally, socially and economically.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Pavimento rígido.....	16
Figura 2 - Seção de pavimento flexível.....	17
Figura 3 - Classificação das bases e sub-bases.....	18
Figura 4 - Classificação dos revestimentos.....	18
Figura 5 - Pavimento permeável de infiltração.....	19
Figura 6 - Pavimento permeável de armazenamento.....	19
Figura 7 - Pavimentos permeáveis com infiltração total, parcial e sem infiltração.....	20
Figura 8 - Piso intertravado em fileira.....	21
Figura 9 - Piso intertravado escama de peixe.....	21
Figura 10 - Pavimento intertravado hexagonal.....	21
Figura 11 – Tipo I: Infiltração total no solo.....	22
Figura 12 – Tipo II: Infiltração parcial no solo.....	22
Figura 13 – Tipo III: Sem infiltração no solo.....	22
Figura 14 - Revestimento permeável com juntas de alargadas.....	23
Figura 15 – Revestimento constituído por peças de concreto permeável.....	23
Figura 16 - Revestimento de concreto permeável.....	24
Figura 17 – Camada Porosa de Atrito (CPA).....	24
Figura 18 - Primeiro ponto.....	30
Figura 19 - Demais pontos.....	30
Figura 20 – Situação da gleba de estudo.....	35
Figura 21 – Fluxo da pesquisa.....	36
Figura 22 - Fases do processo AMD.....	38
Figura 23 - Mapa com objetivos gerais do modelo.....	39
Figura 24 - Gráfico temperatura média dos pavimentos exposto ao sol.....	44
Figura 25 – Variação dos coeficientes de <i>Runoff</i> de acordo com cada nível.....	45

Figura 26 - Custo de implantação.....	49
Figura 27 – Temperatura de superfície.....	49
Figura 28 - Vida útil	50
Figura 29 - Gráfico função de valor do custo de implantação.....	52
Figura 30 - Gráfico função de valor da temperatura de superfície.....	53
Figura 31 - Gráfico função de valor da vida útil.	54
Figura 32 – Perfis de Impacto – Entrevistado 1.	57
Figura 33 - Perfis de Impacto – Entrevistado 2.....	59

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Exemplos de atributos.	29
Quadro 2 - Definição das constantes de escala.....	31
Quadro 3 - Análise de sensibilidade	32
Quadro 4 - Análise de sensibilidade	33
Quadro 5 – Custo dos pavimentos e drenagem por metro quadrado (m ²).....	43
Quadro 6 – Custo de implantação.....	43
Quadro 7 - Temperatura superficial dos pavimentos expostos ao sol	43
Quadro 8 - <i>Temperatura da superfície</i>	44
Quadro 9 - Valores de escoamento superficial, estudo I.....	44
Quadro 10 - Atributo <i>escoamento superficial</i>	45
Quadro 11 - Tipos de pavimentos e conforto associado.....	45
Quadro 12 – <i>Conforto de rolamento</i>	46
Quadro 13 - Atributo <i>vida útil</i>	46
Quadro 14 - Tipo da via, tráfego e pavimento recomendado	46
Quadro 15 - Atributo <i>tipo de tráfego</i>	47
Quadro 16 - Atributos, escalas e intervalos	47
Quadro 17 - Matriz de decisão atributos de 1a 4.....	48
Quadro 18 - Matriz de decisão atributos 5 e 6.....	48
Quadro 19 – Função de valor para o custo de implantação.....	51
Quadro 20 - Função de valor para o Temperatura de superfície.	52
Quadro 21 - Função de valor para a vida útil.	53
Quadro 22 - Função de valor para a escoamento superficial.....	54
Quadro 23 - Função de valor para o conforto de rolamento.....	55
Quadro 24 - Função de valor para o tipo de tráfego.....	55
Quadro 25 – Constantes de escala	56

Quadro 26 – Alternativas, atributos, níveis e função de valor (Entrevistado 1).....	57
Quadro 27 – Legenda de eixo.....	58
Quadro 28 - Alternativas, atributos, níveis e função de valor (Entrevistado 2).	59
Quadro 29 – Legenda de eixo.....	59
Quadro 30 – Avaliações globais de cada pavimento – Entrevistado 1.....	60
Quadro 31 – Avaliações globais de cada pavimento – Entrevistado 2.....	61
Quadro 32 – Análise de sensibilidade.	62
Quadro 33 - Planilha orçamentária sintética PPC Porosas	71
Quadro 34 - Memória de cálculo composição de custos PPC Porosas	72
Quadro 35 - Planilha orçamentária sintética PPC com juntas drenantes.....	74
Quadro 36 - Memória de cálculo composição de custos PPC com juntas drenantes	75
Quadro 37 - Planilha orçamentária sintética PPC	76
Quadro 38 - Memória de cálculo composição de custos PPC.....	77
Quadro 39 - Planilha orçamentária sintética pavimento em concreto permeável	78
Quadro 40 - Memória de cálculo composição de pavimento de concreto permeável.....	79
Quadro 41 - Planilha orçamentária sintética pavimento com camada porosa de atrito.....	80
Quadro 42 - Memória de cálculo composição de custos camada porosa de atrito.....	82

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ABCP	Associação Brasileira de Cimento Portland
AMD	Apoio Multicritério a Decisão
ARSO	Área Residencial Sudoeste
CAUQ	Concreto Betuminoso Usinado a Quente
CEULP	Centro Universitário Luterano de Palmas
CESUP	Centro de Ensino Superior de Palmas
DNIT	Departamento Nacional de Infraestrutura de Transportes
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
NBR	Norma Brasileira
PP	Pavimento Permeável
PCP	Pavimento de Concreto Permeável
PPC	Peças Pré-moldadas de Concreto
PPCJD	Peças Pré-moldadas de Concreto com Juntas Drenantes
PPCP	Peças Pré-moldadas de Concreto Porosas
VFT	<i>Value Focused Thinking</i> - Pensamento Focado em Valores

LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
m	Metros
m ²	Metros quadrados
m ³	Metros cúbicos
mm	Milímetros
ha	Hectare
Kg	Quilograma
°C	Graus Celsius
R\$	Reais

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 OBJETIVOS	14
1.1.1 Objetivos Específicos	14
1.2 JUSTIFICATIVA	14
2 REFERENCIAL TEÓRICO	15
2.1 PAVIMENTO SUSTENTÁVEL	15
2.1.1 Pavimentos e definições.....	16
2.1.2 Pavimentos permeáveis	19
2.1.2.1 Tipos de pavimentos permeáveis.....	20
2.1.2.2 Parâmetros técnicos	24
2.1.3 Pavimento permeável no cenário internacional.....	26
2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO REGIME HIDROLOGICO	26
2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO.....	27
2.3.1 Estruturação do problema	27
2.3.2 Avaliação das alternativas	29
2.3.2.1 Função de valor	29
2.3.2.2 Constante de escala.....	31
2.3.3 Recomendação	31
3 METODOLOGIA.....	34
3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO)	34
3.2 OBJETO DE ESTUDO, LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA	34
3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS	35
4. RESULTADOS E DISCUSSÕES	41
4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA.....	41
4.1.1 Contexto de decisão	41
4.1.2 Identificação dos atores.....	41
4.1.3 Identificação dos objetivos dos atores.....	42
4.1.4 Definição dos atributos.....	42
4.1.4.1 Custo de implantação do pavimento.....	42
4.1.4.2 Promover conforto térmico.....	43
4.1.4.3 Capacidade drenante do pavimento.....	44
4.1.4.4 Proporcionar conforto de rolamento.....	45

4.1.4.5 Durabilidade	46
4.1.4.6 Hierarquia viária	46
4.1.5 Atributos, escalas e intervalos	47
4.1.6 Níveis dos atributos de cada alternativa.....	47
4.2 AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS	50
4.2.1 Funções de valor	51
4.2.2 Definição das constantes de escala	55
4.2.3 Avaliação local das alternativas	56
4.2.4 Avaliação global das alternativas.....	60
4.2.5 Análise de sensibilidade e recomendações.....	61
5. CONCLUSÃO.....	63
REFERÊNCIAS	65
APÊNDICES	69

1 INTRODUÇÃO

A sociedade tem buscado o desenvolvimento em seus vários aspectos, desde a antiguidade, a fim de mobilizar as suas necessidades, sejam econômicas ou sociais. Como consequência do desenvolvimento houve a necessidade de espaços sociais cada vez maiores, tendo como resultado as cidades, metrópoles e megalópoles. A partir dessa expansão física dos centros urbanos, o homem globalizado passa a ter demandas particulares de intercomunicação entre as cidades, sejam por fins comerciais ou pessoais. As ruas, estradas e rodovias são meios que permitem essa conexão entre destinos, facilitando a logística de transportes de pessoas, cargas etc. (SENÇO, 2007).

O desenvolvimento trouxe à humanidade uma gama de facilidades e descobertas tidas como essenciais à sociedade contemporânea, no entanto as consequências nem sempre são todas positivas. A expansão das cidades gerou como resultado a impermeabilização do solo, devido a quantidade de áreas pavimentadas com tecnologia que não permite a infiltração das águas pluviais no solo. Fato tido como uma das causas associadas aos picos de enchentes e alagamentos nos centros urbanos, ocasionando sérios danos ambientais e sociais à população. Segundo o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2018), das cidades brasileiras com mais de 500 mil habitantes, 93% foram atingidas por alagamentos e que apenas um terço (1/3) delas contam com plano diretor que contemplem prevenção de enchentes e enxurradas, ou seja, fazem planejamento urbanos e gerenciam riscos.

O conceito de cidades sustentáveis visa reduzir e minimizar os efeitos do constante crescimento de seus bairros, buscando um convívio em sociedade mais humana e menos agressivo ao meio ambiente. Os hábitos e comportamentos modernos não devem dificultar ou influenciar negativamente a vida das futuras gerações. Logo, há necessidade de investir em pesquisas para erradicar ou diminuir a intensidade dos problemas de drenagem urbana, uma contribuição para bairros sustentáveis é a utilização de pavimentos permeáveis. A tecnologia permeável auxilia na redução dos impactos dos picos de chuva, para adotá-la em larga escala é imprescindível entender o seu funcionamento, os variados tipos de finalidade e a sua forma de construção, com atenção aos parâmetros técnicos e ainda atestar a viabilidade econômica.

O trabalho em questão irá propor um pavimento permeável para uma gleba sustentável, objeto de estudo do Trabalho de Conclusão de Curso do aluno de arquitetura e urbanismo Douglas Neves de Jesus do CEULP/ULBRA. Inicialmente o terreno em questão não possui micro parcelamento, o que o classifica como uma gleba, no entanto o estudo do discente Douglas Neves de Jesus propõe o parcelamento da área, a fim de torná-la uma quadra sustentável. O presente estudo vem como forma de integrar o parcelamento da gleba com a

indicação do pavimento permeável que trabalhe como meio para alcançar o desenvolvimento sustentável no contexto de infraestrutura urbana do bairro.

Para auxiliar a escolha do pavimento permeável que melhor se adequa para uma gleba sustentável, devem ser parametrizadas as características técnicas e as necessidades sociais que influenciem na escolha do tipo de pavimento. Este estudo adota a técnica de apoio multicritério à decisão (AMD) para auxiliar nesta escolha do tipo de pavimento permeável, a partir da definição dos parâmetros que interferem na melhor relação custo benefício para promover o desenvolvimento sustentável.

1.1 OBJETIVOS

O objetivo deste trabalho é aplicar a técnica de Apoio Multicritério a Decisão (AMD) por meio do método de Função de Valor Multiatributo, explicitando os parâmetros que permitem a indicação de pavimentos permeáveis adequados à implantação em uma gleba sustentável, tomando como objeto de estudo uma quadra em área central da cidade de Palmas, Tocantins.

1.1.1 Objetivos Específicos

- Definir e avaliar a influência de parâmetros técnicos na escolha de uma pavimentação drenante.
- Determinar o custo sintético dos pavimentos permeáveis propostos no estudo
- Construir as diretrizes de escolha a partir da elaboração e aplicação de um questionário no meio acadêmico e profissional.
- Contrapor com os parâmetros recomendados pela literatura para orientar a escolha de pavimentação sustentável, com o uso da técnica AMD.

1.2 JUSTIFICATIVA

As problemáticas ambientais nos centros urbanos são frequentes e necessitam de atenção, como a impermeabilização do solo que dificulta a drenagem e causa alagamentos, cada vez menos previsíveis pela alteração do ciclo natural das águas pluviais. Como forma de minimizar esses efeitos, a utilização do pavimento permeável é uma alternativa e o uso do AMD facilita a tomada de decisões, levando em consideração a associação de alternativas de projeto, políticas ou programas em um único plano.

Como o Brasil possui várias cidades onde o crescimento desordenado é comum e com frequentes alagamentos, esse estudo se justifica ao propor um modelo para a escolha dos parâmetros que permitem a adoção de pavimentos permeáveis com a melhor relação custo benefício. Para o acadêmico, a escolha do tema alinha dois fatores: o desafio de aprender de forma prática o uso AMD em uma área de interesse que é a pavimentação.

Além disso, o resultado do estudo pode contribuir para auxiliar principalmente os órgãos públicos e privados a escolherem corretamente um pavimento permeável a partir de uma abordagem que abranja aspectos técnicos, ambientais e econômicos.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 PAVIMENTO SUSTENTÁVEL

Os grandes centros urbanos são responsáveis por ocasionar os principais problemas ambientais no mundo, tendo como produto a escassez de água potável, o consumo excessivo de energia, contribuindo com dois terços do gasto de energia mundial e ainda geram 75% dos resíduos urbanos (LEITE; AWAD, 2012).

A necessidade de conviver em um espaço urbano ideal desperta o tecido social a desenvolver políticas públicas sustentáveis a fim de garantir que os desenvolvimentos urbanos e econômicos sejam constantes sem comprometer que as gerações futuras satisfaçam suas próprias necessidades. O olhar acerca dos efeitos negativos do desenvolvimento no meio ambiente foi a principal razão para incitar aos líderes políticos mundiais que há outras vertentes que devem ser observadas quanto ao desenvolvimento, além da econômica (GUIMARÃES, 2019).

Os problemas ambientais urbanos cada vez tornam-se comuns e insustentáveis para os habitantes do meio e como alternativa para tais, Leite e Awad (2012, p.14.) afirmam que:

“O redesenvolvimento destes territórios representa voltar a cidade para dentro. Refaze-la, ao invés de expandi-la. Compacta-la. Deixa-la mais sustentável é transformá-la numa rede estratégica de núcleos policêntricos compactos e densos, otimizando infraestruturas e liberando territórios verdes”.

Segundo Mascaró (2010, p.47), “Quando uma área se urbaniza o solo é progressivamente impermeabilizado, parte pelas edificações, parte pelos pavimentos que lhe dão acesso”. Desta forma, o desenvolvimento urbano está associado a várias problemáticas ambientais, bem como a alteração natural da gestão de águas pluviais. Na medida em que as cidades crescem, a área impermeabilizada dos solos ocupadas por elas também aumentam e como consequência surgem os problemas de drenagem urbana.

Como forma de minimizar os efeitos da impermeabilização do solo urbano, Vasconcellos (2015) propõe como solução a utilização de pavimentos permeáveis, a fim de propiciar a infiltração das águas pluviais, reabastecimento dos lenções freáticos, garantir funções hídricas de purificação, retenção e infiltração, diminuindo assim o escoamento superficial e as inundações. Os pavimentos permeáveis, podem ser utilizados em vias, calçadas, quintais, parques, praças, estacionamentos e pátios. São recomendados os asfaltos porosos, concreto permeável, blocos intertravados, brita e pedriscos.

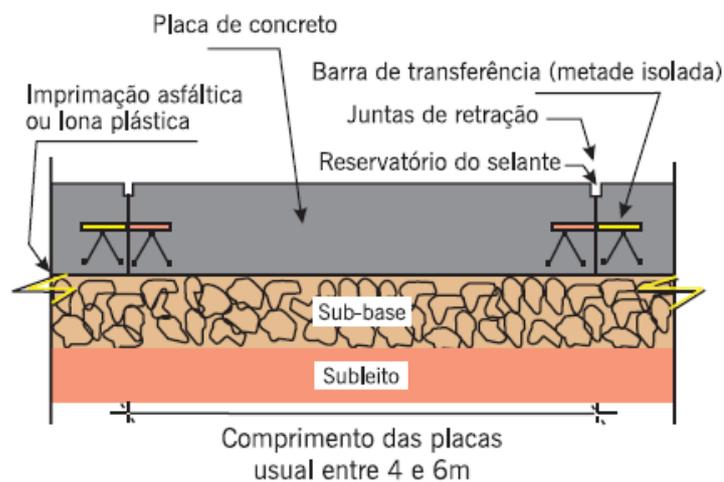
2.1.1 Pavimentos e definições

O pavimento é uma estrutura composta de várias camadas assentadas sobre a superfície final de terraplenagem que possuem a função de fundação da estrutura, com a finalidade técnica e econômica de resistir aos esforços gerados pelo tráfego, garantir o conforto e segurança quanto às condições de rolamento e resistir aos esforços ocasionados pelo desgaste superficial (SENÇO, 2007).

Os pavimentos são classificados de forma geral dependendo da tecnologia e materiais empregados em flexíveis, rígidos e semirrígidos (BRASIL, 2006). Os pavimentos flexíveis são aqueles cujas camadas existentes sofrem deformações elásticas significativas de acordo com a carga aplicada sobre o pavimento e estas se dissipam em parcelas parecidas entre as camadas (BRASIL, 2006).

Os rígidos ou comumente pavimentos de cimento *Portland* de concreto são aqueles pouco deformáveis e que apresentam elevada rigidez por se tratar geralmente de um pavimento de concreto, vide Figura 1. A espessura da placa de concreto é dimensionada de acordo com a resistência à flexão que se deseja obter e que desempenha papel tanto de base como de revestimento, a camada inferior à placa denomina-se como sub-base.

Figura 1 - Pavimento rígido



Fonte: Bernucci et al. (2006).

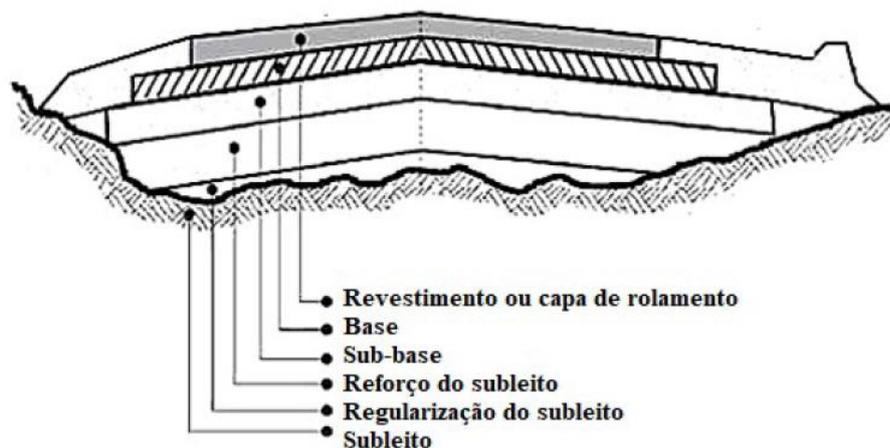
Os pavimentos semirrígidos são aqueles onde o revestimento executado é asfáltico e a base e sub-base são estabilizadas com aglutinante geralmente cimentício (BRASIL, 2006). A NBR 9781:2013, **Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio** (ABNT, 2013, p. 02), classifica pavimentos intertravados como flexíveis, estes são compostos por base e/ou sub-base, onde o revestimento é executado com peças de concreto pré-moldado

sobrepostos em uma camada de assentamento, o intertravamento do pavimento é proporcionado pela contenção.

Os pavimentos permeáveis são aqueles onde a passagem de água e ar são possibilitadas a partir de suas propriedades de porosidade e permeabilidade elevada. Este influencia significativamente de forma positiva a hidrologia e o ambiente. Os pavimentos permeáveis desempenham positivo papel na taxa de redução do escoamento superficial, volume e deterioração da qualidade da água (DINIZ, 1980).

Em suma os pavimentos flexíveis são formados por revestimento, base, sub-base, reforço do sub-leito e regularização conforme mostra a Figura 2. As camadas de base e revestimento são obrigatórias, podendo as demais camadas serem adotadas ou não ao projeto dependendo do dimensionamento.

Figura 2 - Seção de pavimento flexível

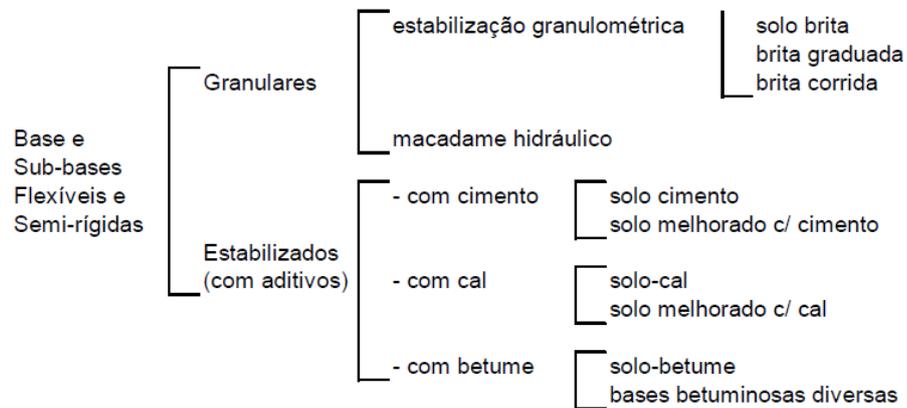


Fonte: Adaptado Senço (2007).

- O revestimento é a camada que recebe diretamente os esforços advindos do tráfego, esta possui ainda a função de melhorar a comodidade e segurança e resistir ao desgaste superficial;
- A base tem a função de receber os esforços do tráfego e distribuir as tensões e sobre si é construído o revestimento;
- A camada de sub-base tem como função complementar a base, é indicada a execução desta camada, quando não é aconselhável construir o a base diretamente sob a camada de regularização;
- O reforço do subleito é construído sobre a sub-base quando for ou não viável técnico e economicamente, esta camada tem como função complementar a sub-base;
- A camada de regularização é executada sob o leito e tem como função conformar transversal e longitudinalmente;
- Subleito é a camada que desempenha função de fundação do pavimento.

As bases são classificadas em rígidas e semirrígidas e podem ser constituídas de materiais granulares ou com aditivos (estabilizadas), conforme a Figura 3 abaixo (BRASIL, 2006).

Figura 3 - Classificação das bases e sub-bases

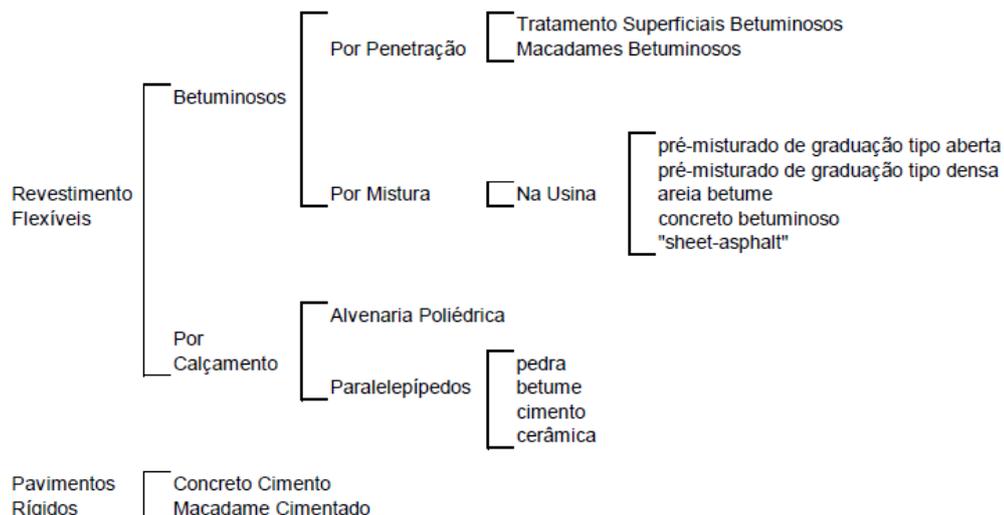


Fonte: (BRASIL, 2006).

As bases e sub-bases rígidas são geralmente as de concreto de cimento, estas possuem significativas resistências a tração. São classificadas em concreto plástico e concreto magro, dependendo da finalidade desejada (BRASIL, 2006).

Os revestimentos podem ser rígidos quando são de concreto de cimento e flexíveis quando de origem betuminosa ou por calçamento. Na Figura 4 são apresentados os agrupamentos dos revestimentos de acordo com os materiais e técnicas empregadas.

Figura 4 - Classificação dos revestimentos



Fonte: (BRASIL, 2006).

Dentre os citados, os pavimentos abordados neste trabalho são os permeáveis, a fim de minimizar os efeitos causados pela impermeabilização do solo urbano e ainda caminhar para

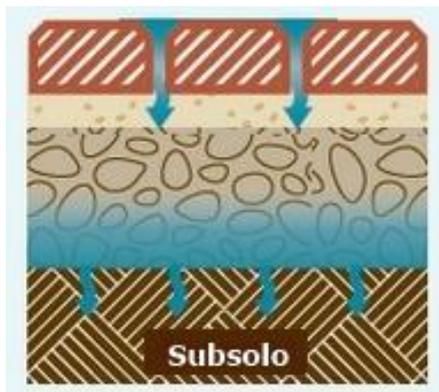
garantir o desenvolvimento sustentável, tomando como mecanismo a utilização de pavimento permeável (VASCONCELLOS, 2015).

2.1.2 Pavimentos permeáveis

Comumente quando se projeta obras de pavimentação, um dos principais objetivos é tornar o pavimento impermeável, onde fica impossibilitada a infiltração da água no solo. A partir daí surgem problemas de drenagem que implicam diretamente no ambiente. Como forma de mitigar tais frequentes acontecimentos nos centros urbanos a utilização dos pavimentos permeáveis tem se tornado cada vez mais comum (CARVALHO, 2015).

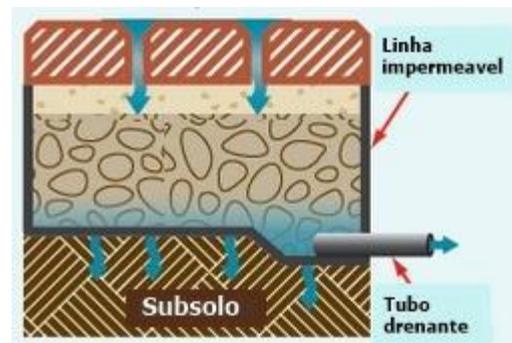
Os pavimentos permeáveis podem ser de dois tipos, os de infiltração conforme Figura 5 e os de armazenamento conforme Figura 6. Os de infiltração podem ou não ter um geotêxtil em sua estrutura para auxiliar na infiltração direta da água para uma camada inferior, já os de armazenamento devem possuir uma geomembrana para ajudar a camada de sub-base no armazenamento das águas pluviais (CARVALHO, 2015).

Figura 5 - Pavimento permeável de infiltração



Fonte: (PAVE SHARE, 2012).

Figura 6 - Pavimento permeável de armazenamento



Fonte: (PAVE SHARE, 2012).

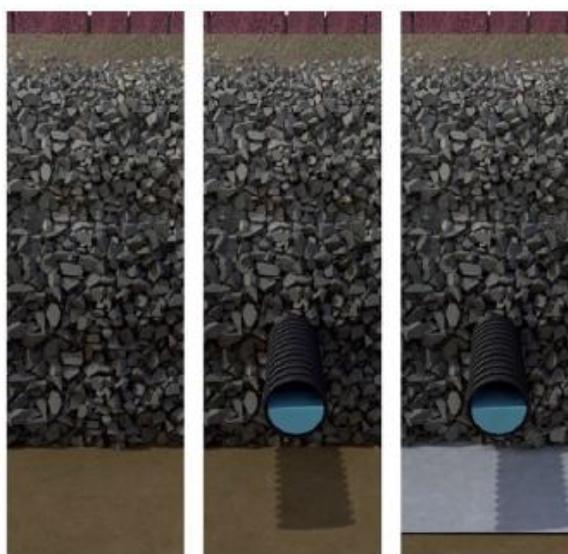
Atualmente existem vários tipos de pavimentos permeáveis, desde os de concreto de cimento moldado *in loco* aos de peças de concreto pré-moldadas. Tais pavimentos podem atingir três níveis de permeabilidade (CORSINI, 2014, apud LOSS, 2018, p. 31):

- Total – onde toda água pluvial infiltra no solo e é direcionada para o sub-leito.
- Parcial – onde as águas pluviais são infiltradas parcialmente pelo pavimento necessitando então de tubos de drenagem para auxiliar.
- Sem infiltração – a estrutura do pavimento é protegida por uma manta impermeável para garantir estanqueidade e são necessários tubos de drenagem para captar a água e lançar num sistema convencional de drenagem.

A Figura 7 a seguir apresenta as características dos pavimentos permeáveis com infiltrações totais, parciais e sem infiltrações citados anteriormente. Os pavimentos permeáveis

proporcionam soluções satisfatórias para os problemas de drenagem urbana. Estes são indicados a serem utilizados em vias de tráfego leve, estacionamentos, passeios, vias de pedestres e ciclistas e outros locais. No entanto, o pavimento permeável necessita de manutenção um pouco mais cautelosa que os pavimentos convencionais, pois este está vulnerável ao efeito da colmatagem, ou entupimento dos poros do concreto e como consequência a perda de sua função drenante (BAPTISTA et al., 2015).

Figura 7 - Pavimentos permeáveis com infiltração total, parcial e sem infiltração



Fonte: CORSINI, 2014, apud LOSS, 2018, p. 31

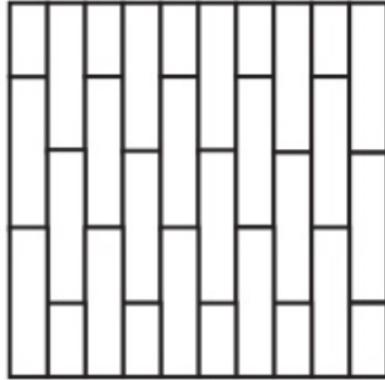
2.1.2.1 Tipos de pavimentos permeáveis

a) Pavimento intertravado permeável

É um pavimento flexível apoiado sobre uma camada de base e como revestimento são utilizadas peças de concreto de diferentes tipos de cores, dimensões e pesos específicos. Segundo a ABNT NBR 9781 (2013, p. 20 a 21) os pavimentos intertravados podem ser de quatro tipos, sendo:

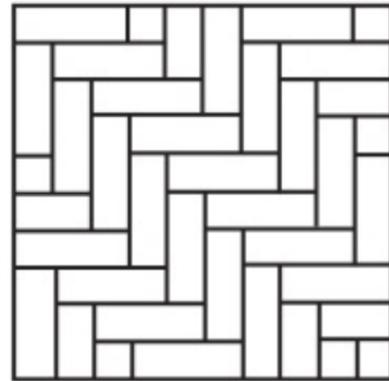
- Tipo I – Peças de concreto retangulares, onde a relação comprimento/largura seja igual a dois e devem se encaixar nos quatro lados e podem ser assentadas em fileiras ou espinha de peixe conforme Figura 8 e 9 respectivamente.
- Tipo II – Peças de concreto diferente das retangulares em formato único e assentado em fileiras.
- Tipo III – Peças de concreto semelhantes a formas geométricas como trapézios, hexágonos, triedros e etc., sendo o peso de cada peça superior a 4kg, vide Figura 10.
- Tipo IV – Peças de concreto de tamanhos distintos, ou peça única com juntas falsas, podendo ser assentadas com diferentes paginações.

Figura 8 - Piso intertravado em fileira



Fonte: Sua Casa Sem Segredos (2015),
Adaptado pelo autor.

Figura 9 - Piso intertravado escama de peixe



Fonte: Sua Casa Sem Segredos (2015),
Adaptado pelo autor.

Figura 10 - Pavimento intertravado hexagonal

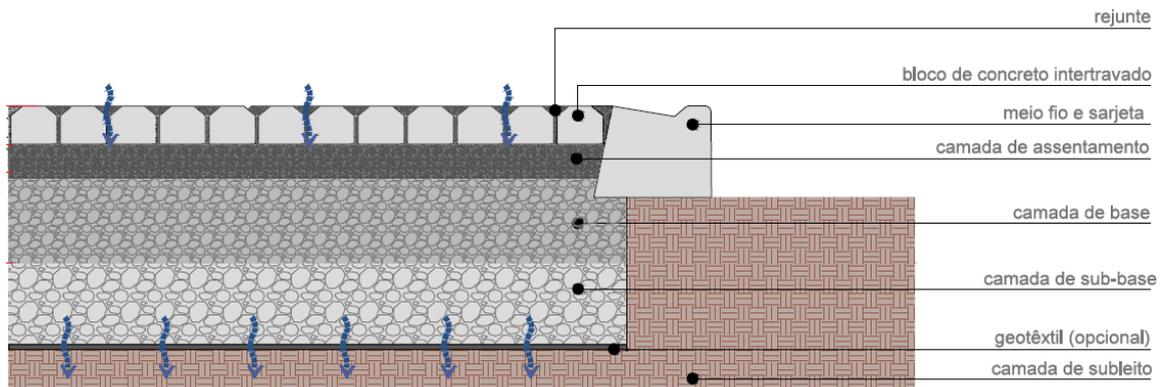


Fonte: MC-MÁQUINAS (2016).

Associação Brasileira de Cimento Portland (ABCP, 2013) define que os pavimentos intertravados podem ser ainda de três tipos quanto ao grau de infiltração das águas pluviais no solo, sendo:

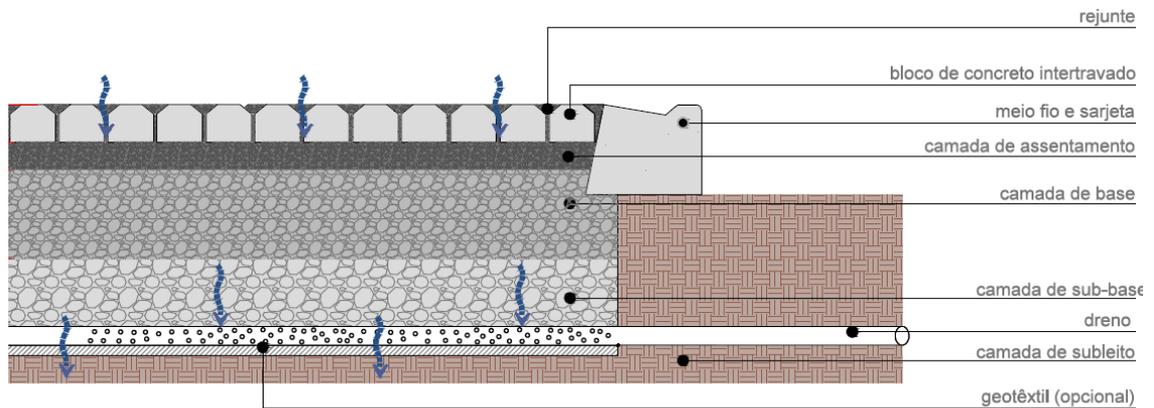
- Tipo I – Pavimento intertravado com infiltração total no solo, vide Figura 11.
- Tipo II – Pavimento intertravado com infiltração parcial no solo, vide Figura 12.
- Tipo III - Pavimento intertravado sem infiltração no solo, vide Figura 13.

Figura 11 – Tipo I: Infiltração total no solo



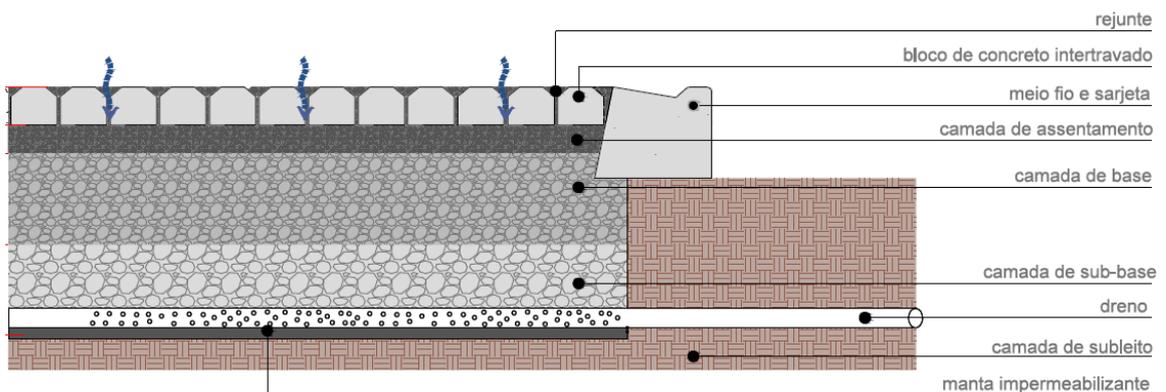
Fonte: ABCP (2013).

Figura 12 – Tipo II: Infiltração parcial no solo



Fonte: ABCP (2013).

Figura 13 – Tipo III: Sem infiltração no solo



Fonte: ABCP (2013).

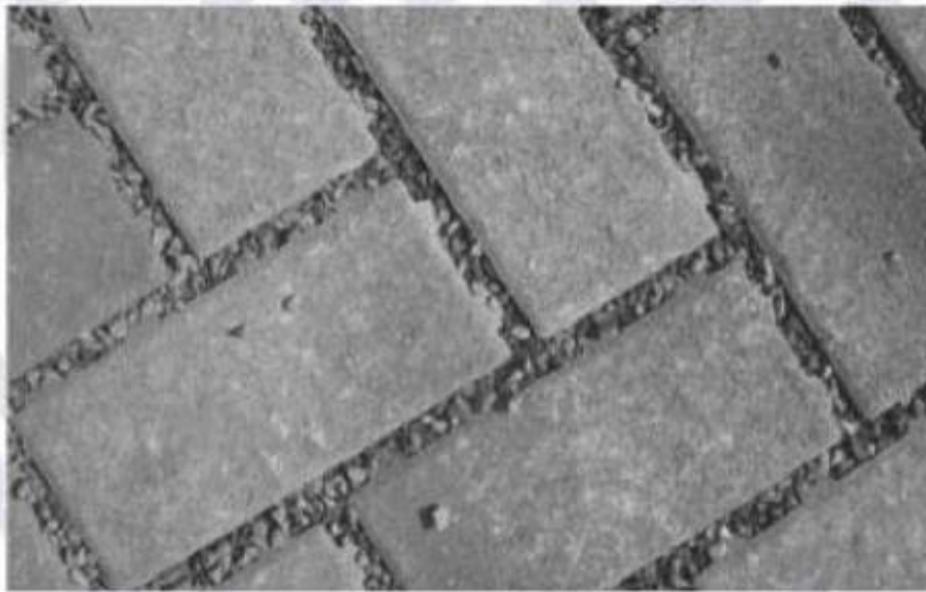
b) Pavimento de concreto permeável

É um pavimento que em sua camada de base possui materiais de granulometria aberta com a finalidade de permitir a percolação de e/ou acúmulo de água diminuindo o escoamento superficial, garantindo a absorção dos esforços provenientes do tráfego a partir do revestimento permeável. A norma NBR 16 416:2015 - **Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e**

procedimentos, estabelece que pavimentos permeáveis podem ser executados a partir de 3 tipos de revestimentos (ABNT NBR 16416, 2015, p. 06):

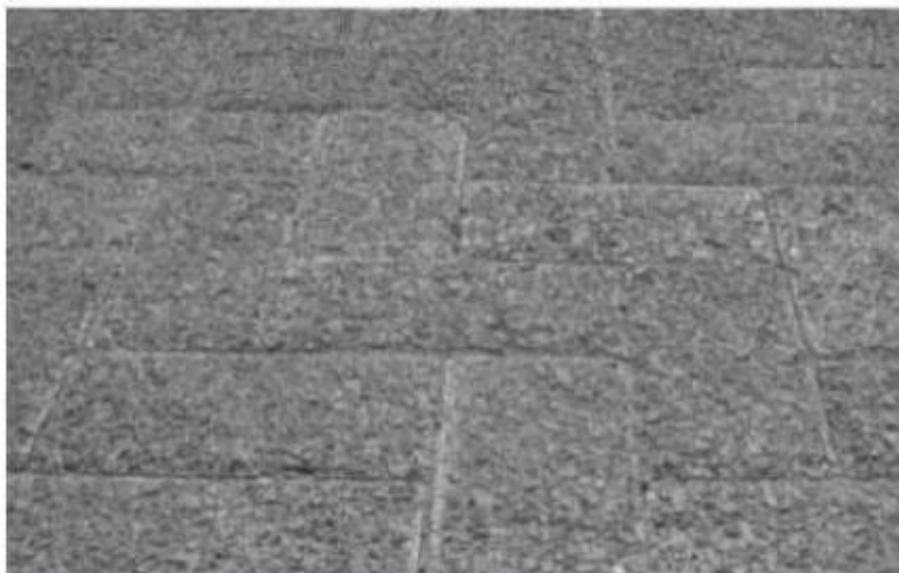
- Tipo I – a percolação das águas pluviais dá-se a partir das juntas entre as peças de concreto vide Figura 14.
- Tipo II – a percolação das águas pluviais dá-se a partir das peças de concreto permeável, vide Figura 15.
- Tipo III – as percolações das águas pluviais acontecem a partir da infiltração na camada de revestimento de concreto permeável, vide Figura 16.

Figura 14 - Revestimento permeável com juntas de alargadas.



Fonte: ABNT NBR 16416 B (2015, p. 08).

Figura 15 – Revestimento constituído por peças de concreto permeável.



Fonte: ABNT NBR 16416 (2015, p. 08).

Figura 16 - Revestimento de concreto permeável.



Fonte: ABCP (2013).

c) Concreto asfáltico poroso (CPA)

Segundo a norma DNER 386/99, Camada Porosa de Atrito (CPA) é uma mistura asfáltica porosa preparada em usina a quente, tendo em sua composição agregados, filler e cimento asfáltico de petróleo modificado não por polímero estileno-butadieno-estileno, espalhado e comprimido a quente. A Figura 17 abaixo apresenta uma demonstração de pavimento de concreto asfáltico poroso.

Figura 17 – Camada Porosa de Atrito (CPA).



Fonte: VIRGIIS (2009).

2.1.2.2 Parâmetros técnicos

As utilizações de pavimentos permeáveis devem seguir rigorosamente requisitos e parâmetros de projeto conforme a ABNT NBR 16416 (2015, p. 14) e ABCP (2013, p. 4):

- a) Condições de carregamento;
- b) Coeficiente de permeabilidade do subleito;
- c) Condições de saturação do solo;
- d) Nível do lençol freático;
- e) Limite das áreas de contribuição
- f) Declividade;
- g) Avaliação do risco de contaminação do lençol freático;
- h) Área da bacia de contribuição a ser controlada;
- i) Esforços e tráfego intensos.

Como observado foi possível identificar nove principais parâmetros técnicos que afetam diretamente na utilização e escolha de um pavimento permeável, tais parâmetros são essenciais para medir a eficiência pavimento em questão e garantir a funcionalidade técnica da pavimentação permeável.

- a) Deve-se avaliar qual o tipo de carregamento no qual o pavimento estará submetido, se móvel ou estática, frequência e magnitude (ABNT NBR 16416, 2015, p.15).
- b) O coeficiente de permeabilidade do subleito é determinado por meio da NBR 13292:1995 – Solo Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante - Método de ensaio (ABNT, 1995) ou ABNT NBR 14545 (2000), a fim de mensurar a capacidade de a água penetrar no solo e a ser utilizado como camada permeável do pavimento (ABNT NBR 16416, 2015, p.15).
- c) Deve-se por meio de ensaio normatizado determinar a taxa de infiltração do solo para auxiliar a escolha do tipo de pavimento, pois se o subsolo tem características impermeáveis a utilização de pavimento permeável com total ou parcial infiltração no solo fica mais inviabilizado, sendo mais adequado utilizar um pavimento permeável de armazenamento, pois este possui fundo de detenção impermeabilizado que permite escoar a água para um reservatório (ABCP, 2013, p. 04).
- d) O nível do lençol freático influencia no desempenho do pavimento permeável, sendo que o seu nível máximo deve estar a 1 m do fundo do dispositivo permeável, se o nível do lençol for alto só é permitida a utilização de pavimento permeável sem infiltração (ABCP, 2013, p. 4).
- e) As áreas de contribuições não podem ser superior a cinco vezes as áreas permeáveis do pavimento (ABNT NBR 16416, 2015, p.15).
- f) As áreas permeáveis só podem ter no máximo 5% de declividade e as áreas de contribuição no máximo 20%.
- g) Como o pavimento permeável receberá contribuição de águas pluviais que geralmente podem ter em sua composição esgotos e poluentes de origem difusa, deve-se analisar previamente a sensibilidade do aquífero em questão para viabilizar a utilização de pavimentação com ou sem infiltração.

- h) De acordo com a ABCP a área da bacia de contribuição a ser controlada, “ [...] é a área que terá suas águas pluviais direcionadas para a medida. Este parâmetro depende da natureza da medida escolhida. No caso de pavimentos permeáveis, a área deve ser menor do que 10 ha, ou seja, 100.000 m².
- i) A utilização do pavimento permeável não é indicada em áreas onde o fluxo de veículos é intenso, portanto, deve-se calcular o tráfego para viabilizar a utilização do pavimento.

2.1.3 Pavimento permeável no cenário internacional

A utilização de pavimento permeável já é bem difundida internacionalmente, a preocupação em mitigar os problemas de impermeabilização do solo é uma constante neste cenário. Nota-se a grande preocupação em testar a eficácia do PP e o seu desempenho ao longo do tempo. Liu e Chui (2017) em seu estudo apresentou que a utilização do PP reduz significativamente o volume e o pico de fluxo de escoamento e atrasa o tempo do pico de escoamento. Traz ainda que o escoamento é reduzido em 95% em eventos de chuvas inferiores a 5 mm. Em sua simulação de eventos de chuva de longo prazo, considerando um clima seco como o de Nova York o volume de chuva absorvido pelo pavimento permeável teve redução de 90% a 96% em comparação com pavimentos impermeáveis e em clima úmido como o de Hong Kong a redução foi de 63% a 74%, dessa forma é mais importante otimizar o PP em local de clima mais úmido.

Segundo Mahdi e Al-jameel (2018), o PP além de ser uma solução de drenagem sustentável pode ser utilizado no controle da poluição causada por hidrocarbonetos e óleo mineral em superfícies urbanas, a água que se infiltra diminui significativamente os níveis de cobre e zinco em comparação com o pavimento tradicional. Os autores por meio de seu estudo na cidade de Najaf no Iraque, apresentaram a grande eficácia do pavimento permeável em um solo arenoso como o da região onde foi realizado o estudo, afirmam ainda que o PP é ideal para ambientes com temperaturas maiores pois absorvem menor incidência de calor que o pavimento de asfalto tradicional.

Um estudo realizado no Reino Unido apresentou o desempenho hidrológico do pavimento permeável, onde o armazenamento de água pluvial no pavimento foi de 50% do total da precipitação e ainda que em regiões onde há um período longo de estiagem, quando os eventos de chuva ocorrem a capacidade de infiltração da água pluvial sem gerar escoamento é bem maior (IOANNIDOU; ARTHUR, 2020).

2.2 IMPACTOS DA URBANIZAÇÃO NO REGIME HIDROLOGICO

A forma com que o solo é utilizado está diretamente associada ao processo de evolução das ações antrópicas, acarretando problemas ambientais, como o assoreamento dos rios, perda

de fertilidade dos solos e contaminação tanto do solo quanto da água. O uso do solo influencia no processo de infiltração natural das águas pluviais, sendo que a cobertura vegetal é responsável por dar rugosidade ao solo e como consequência maior infiltração no solo, atenuando o escoamento superficial e ainda garantindo menores vazões de cheias no período chuvoso e maiores vazões mínimas no período seco (SANTOS, 2010).

A urbanização possui uma relação direta com as vazões máximas de chuva, espera-se que este processo agrave os picos cheias devido à alta taxa de impermeabilização do solo e, por conseguinte o escoamento superficial (TUCCI, 2009).

Santos (2010) em sua dissertação, traz como resultado após analisar a bacia hidrográfica do Rio Lontra, que houve um aumento significativo nas vazões máximas ao longo do período de estudo e redução nas vazões médias e mínimas, isso aliado ao crescimento do desflorestamento ocasionado pelos processos de cultivo, pastagem, corpos-d'água e urbanização e em contraste a esse cenário a redução da mata e cerrado. O autor finaliza afirmando que o uso e ocupação do solo alterou expressivamente o comportamento da bacia em estudo.

2.3 APOIO MULTICRITÉRIO A DECISÃO

Os métodos de apoio multicritério a decisão, são técnicas que visam auxiliar a escolha de uma alternativa para um problema ou necessidade em questão, atribuindo aos atores ou envolvidos no problema valores de decisão, onde este processo decisório é apresentado como uma forma de aprendizagem sobre o problema e ainda que a alternativa selecionada não deve ser entendida como uma verdade absoluta, mas sim apoiar os atores no processo de decisão (GOMES et al., 2002).

O AMD pode ser dividido em três etapas, de acordo com ENSSLIN et al. (2001): estruturação do problema, avaliação das alternativas e recomendação.

2.3.1 Estruturação do problema

Nesta etapa é definido o contexto em que o problema em questão está inserido, de acordo com a ótica do decisor inicialmente. É definido ainda os atores do contexto, os objetivos do modelo (a partir de mapas cognitivos), identificação, mensuração e as alternativas para o problema (ENSSLIN et al., 2013). Será utilizado o método *Pensamento Focado em Valores* (VTF), pois a partir deste método é possível levar em consideração os objetivos dos atores e como consequência identificar as possíveis decisões e alternativas.

A relação da atividade que será estudada e o envolvimento das estruturas políticas e sociais que influenciam na tomada de decisão devem estar caracterizadas no contexto em que a

escolha será feita. Esse entendimento é construído ao se identificar os objetivos por meios de entrevistas com os atores envolvidos, classificando-os como objetivos essenciais para a decisão acerca do problema (fundamentais) e os objetivos meios que possuem função de facilitar ou mediar o alcance dos objetivos fundamentais (LOSS, 2013).

De acordo com (KEENEY, 1992, apud LOSS, 2018, p. 37) os objetivos fundamentais são organizados por prioridade, conforme a seguir:

- Essencial: indicar as consequências em termos das razões fundamentais para o interesse na situação de decisão;
- Controlável: abordar as consequências que são influenciadas apenas pela escolha de alternativas no contexto da decisão;
- Completo: incluir todos os aspectos fundamentais das consequências das alternativas de decisão;
- Mensurável: especificar os graus a que os objetivos podem ser alcançados;
- Operacional: permitir a coleta de informação necessária para uma análise razoável considerando o tempo e o esforço disponíveis.
- Decomponível: permitir o tratamento separado de diferentes objetivos na análise;
- Não redundante: evitar dupla contagem de possíveis consequências.
- Conciso: reduzir o número de objetivos necessários para a análise de uma decisão;
- Compreensível: facilitar a geração e comunicação de pontos de vistas para orientar o processo de tomada de decisão.

Como etapa da estruturação do problema deve ser definido ou caracterizado o contexto de decisão em que o problema está inserido, onde nesta etapa é feita a identificação de todos os atores que estão envolvidos no processo de tomada de decisão e de fato a figura que tem o papel de decisor das alternativas e ainda definir a delimitação geográfica e temporal do problema em questão (DELOSPITAL, 2013).

Ainda na etapa de estruturação do problema deve-se organizar os objetivos fundamentais de acordo com uma hierarquia que agrega valor a cada objetivo, sem julgar sua importância, salientando que este julgamento será realizado na etapa de avaliação das alternativas. Serão utilizados atributos para mensurar o valor de cada objetivo fundamental, a partir de atributos naturais que podem ser facilmente medidos, pois são de censo comum, por meios dos construídos que são elaborados para um contexto específico e medem o objetivo a partir de uma escala de impacto relacionado ao nível de proximidade de alcance dos objetivos. Ou ainda quando não é possível utilizar atributos natural e nem o construído utiliza-se o *proxy*, que mensura indiretamente o valor do objetivo fundamental a partir da associação de um acontecimento ou característica diretamente ligada ao alcance do objetivo (KEENEY, 1992).

A partir do Quadro 1 é possível associar a definição do atributo nos três tipos considerados (DELOSPITAL, 2016, apud LOSS, 2018, p. 40): direto, construído e proxy.

Quadro 1 – Exemplos de atributos.

Tipo de atributo	Objetivo fundamental	Atributo	Escala	Intervalo de variação
Direto	Atender a demanda urbana por transporte coletivo	Passageiros transportados	mil viagens/dia	0 a 40
Construído	Reduzir o impacto na qualidade do ar	Índice de qualidade do ar	construída	N1 a N5
Proxy	Reduzir os impactos na comunidade aquática	Quantidade de material dragado do canal	milhões de m ³	0 a 2

Fonte: Delospital (2016), apud Loss, 2018, p. 40.

2.3.2 Avaliação das alternativas

Como fundamentação para analisar as alternativas existentes para a escolha do pavimento será utilizado o método da função de valor multiatributo, que segundo Loss (2018), em sua dissertação afirma que este é um método transparente e que permite que o desenvolvimento e construção da decisão seja realizada em conjunto com os atores.

Este método permite que seja associado a partir de um mecanismo, um número real a cada alternativa, para que assim seja possível quantitativamente avaliar as alternativas e auxiliar na escolha por meio de dados numéricos (DODGSON, 2009). Para isso será utilizado este método na forma aditiva, através da definição das funções de valor e das constantes de escala (ENSSLIN et al., 2013, DELOSPITAL, 2016).

A Equação 1 a seguir apresenta a função na forma aditiva, onde as avaliações locais das alternativas são agregadas em uma única avaliação global (DELOSPITAL, 2016):

Equação 1 – Exemplos de atributos.

$$V(a) = w_1 * v_1(a) + w_2 * v_2(a) + \dots + w_n * v_n(a)$$

Fonte: Delospital (2016).

Em que:

$V(a)$ = valor global da alternativa a.

w_1 = constantes de escala dos atributos 1,2, ..., n.

$v_1(a)$ = valor local da alternativa a nos atributos 1,2, ..., n

n = número de atributos do modelo

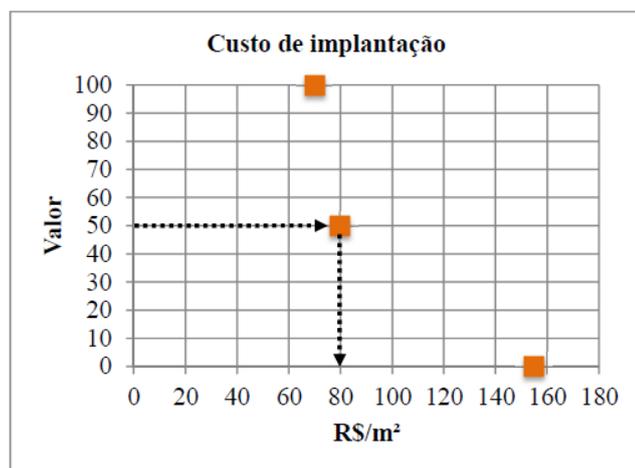
2.3.2.1 Função de valor

Para quantificar o valor de cada atributo podem ser utilizadas funções de valores que agregam ou articulam a preferência dos atores. Existem vários de tipos de métodos para utilização da função de valor, dentre eles destacam-se o método de pontuação direta, onde é

definido os valores máximos e mínimos em relação ao atributo pesquisado (geralmente 0 e 100) e a partir destes os atores expressam numericamente o nível dos demais atributos. O da bissecção onde é definido três valores para cada atributo além dos valores extremos, sendo estes resultados obtidos a partir das pesquisas com os atores envolvidos (ENSSLIN et al., 2001).

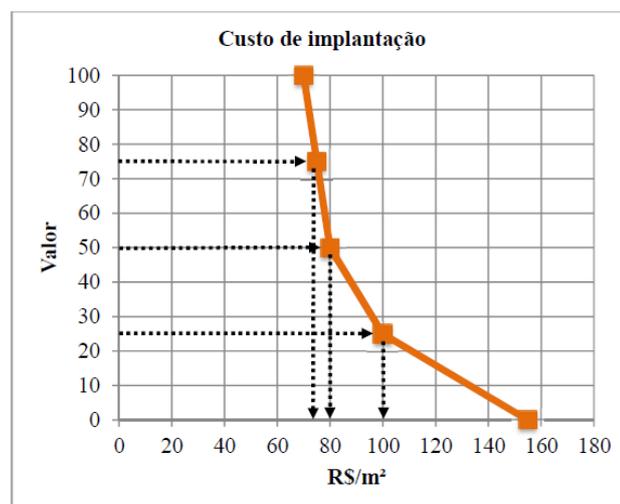
Para facilitar o entendimento da metodologia Loss (2017), traz em sua dissertação de mestrado os valores obtidos a partir da bissecção por meio de um atributo denominado custo de implantação, onde a variação do custo está fixada entre 70,00 e 155,00 R\$/m², onde o menor valor foi atribuído pontuação máxima (100) e o maior, pontuação mínima (0). A partir disso foi solicitado ao decisor que definisse o custo que valeria 50 pontos (nível intermediário) conforme Figura 18, posteriormente os valores cujo custo expressam 25 e 75 pontos conforme Figura 19. Para assim definir os três pontos.

Figura 18 - Primeiro ponto



Fonte: LOSS (2018).

Figura 19 - Demais pontos



Fonte: LOSS (2018);

2.3.2.2 Constante de escala

As constantes de escala são valores que expressam a compensação de desempenho local sofrida por um atributo para compensar o ganho de desempenho em outro, transformando as avaliações locais em globais. Para realizar a obtenção desses valores podem ser utilizados vários métodos, destacando-se o *swing weights*.

O *swing weights* atribui a utilidade de cada critério em uma escala de 0 a 1, o 0 representa o pior desempenho do atributo que rebaixa a alternativa para um nível inferior e 1 representa o melhor desempenho do atributo. Inicialmente deve-se escolher a pior solução dentre os critérios para que posteriormente os decisores definissem o atributo que possui melhor desempenho no caso 100 pontos. Para a definição da próxima constante de escala elimina-se o atributo anterior do julgamento e repete o mesmo questionamento para definir qual o melhor atributo inferior a 100. Por fim calcula-se o peso de cada atributo a partir da divisão do número de pontos do atributo em questão pelo somatório dos pontos (CARMO, 2017). O Quadro 2 abaixo representa a aplicação do método *swing weights* na dissertação de mestrado da Loss (2018), onde é definido o pavimento que melhor se adequa para o estudo, e a cada atributo é dada as pontuações conforme a definição do decisor e na sequência o valor das constantes de escala obtidas.

Quadro 2 - Definição das constantes de escala

Atributo	Pontuação - CMA	W (Constante de escala)
Vida útil	100	0,121
Custo de implantação	95	0,115
Materiais recicláveis aplicados às camadas de bases/sub-bases e reforço do subleito	90	0,109
Distância de frenagem	85	0,103
Tipo de Tráfego	80	0,097
Materiais recicláveis aplicados ao revestimento	75	0,091
Custo de manutenção anual	70	0,085
Permeabilidade	65	0,079
Temperatura Superficial	60	0,073
Aspectos de conforto	55	0,067
Potencialidades estéticas (atratividade visual	50	0,061

Fonte: Loss (2018).

2.3.3 Recomendação

A recomendação da alternativa que melhor se adequa a solução da problemática, dá-se a partir da análise de sensibilidade do ator frente a solução do problema, quando é apresentado a este uma nova visão acerca do modelo em questão, após essa análise de sensibilidade e avaliação global serão realizadas as recomendações (LOSS, 2018).

Como forma de melhorar o entendimento acerca da análise sensibilidade e recomendações, a seguir é apresentado exemplo de aplicação na área de pavimentação: Conforme Loss (2018) em seu estudo, verificou que as constantes de escala eram os parâmetros que mais influenciavam na avaliação, para a análise de sensibilidade foi então escolhido como constantes a permeabilidade e o custo de implantação, com uma variação de +/- 10%. No Quadro 3 a seguir a autora apresenta a análise de sensibilidade realizada:

Quadro 3 - Análise de sensibilidade

Alternativas	Alterações - Permeabilidade		Alterações - Custo de implantação	
	10%	-10%	10%	-10%
CAUQ	47	48	48	47
PPC	34	34	34	34
PPC Permeável	32	30	30	31

Fonte: Loss (2018).

A análise de sensibilidade consistiu em majorar e minorar as avaliações globais acerca dos parâmetros custo de implantação e permeabilidade, a partir disso a autora conclui que o resultado da análise reforçou os resultados obtidos anteriormente, dessa forma é atestada a escolha dos atores em relação a um atributo.

Delospital (2016), em seu estudo utilizou as constantes de escala, função de valor e a avaliação através da função multiatributo para considerar a sensibilidade dos resultados de sua pesquisa acerca da decisão ao projeto de travessia entre Santos e Guarujá. O autor utiliza a avaliação global de cada alternativa, sendo obtida a partir da aplicação da fórmula de agregação aditiva e para a análise de sensibilidade é utilizada as constantes de escalas, obtidas a partir de entrevista com o autor. No Quadro 4 é possível verificar que mesmo com as constantes de escala diferentes não houve alteração na ordem das alternativas, ou seja, a sensibilidade realizada atestou e reforçou o resultado obtido anteriormente, o que torna a pesquisa mais confiável ainda.

Quadro 4 - Análise de sensibilidade

Alternativas		Análise de Sensibilidade	Avaliação padrão	Diferença
Chave	Nome			
E-7	VC - Túnel sub.	79,2	75,8	3,4
D-6	VC - Túnel sub.	73,1	68	5,1
G-11	PP - Túnel sub.	67,3	62,3	5,1
G-12	PP - Estaiada	67,2	59,6	7,6
B-3	BB - Arco	49,7	43,8	5,9
B-4	BB - Túnel esc.	38,9	35,9	3,1
SQ	Status Quo	35,5	31,1	4,4

Fonte: Delospital (2016).

3 METODOLOGIA

O procedimento metodológico utilizado no estudo em questão, toma como referência a dissertação de mestrado na UNICAMP do engenheiro Delospital (2016), que aplica a técnica de AMD a partir do método na escolha de possíveis locais e tecnologias para a travessia do canal de Santos-Guarujá. Assim, é detalhado o objeto de estudo, local e período de realização da pesquisa e o fluxo com as atividades necessárias para coleta de dados e definição dos parâmetros necessários para escolha do pavimento a partir do AMD por meio do método da Função de Valor Multiatributo. Este estudo utiliza como base o Trabalho de Conclusão de Curso de Jesus (2020), que possui como objetivo de seu trabalho parcelar a gleba Arso 51, tornando-a uma quadra sustentável.

3.1 DESENHO DO ESTUDO (TIPO DE ESTUDO)

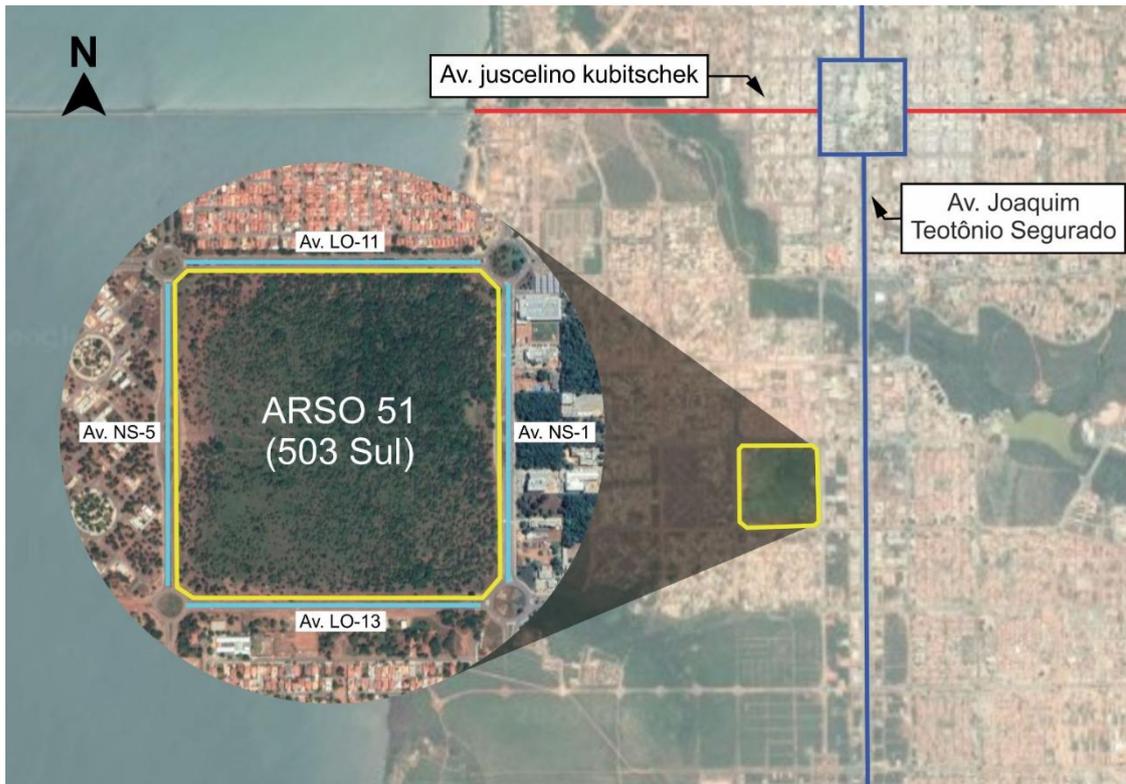
O estudo em questão é caracterizado como um estudo de caso aplicado, por explorar situações da vida real em que os limites não estão estabelecidos, descrevendo o cenário no qual a pesquisa está sendo realizada, formulando hipóteses acerca de situações complexas que inviabilizem a utilização de levantamentos e experimentos. A análise dos dados é de cunho qualitativo pois depende de fatores como os instrumentos de pesquisa, extensão da amostra, natureza dos dados coletados etc., para o desenvolvimento da análise de dados foi utilizado o método AMD para auxiliar no processamento dos dados, tornando os dados qualitativos em valores quantitativos. O objetivo é exploratório, pois o tema em questão ainda é pouco explorado e possui maior dificuldade em formular hipóteses mais precisas (GIL, 2002).

3.2 OBJETO DE ESTUDO, LOCAL E PERÍODO DE REALIZAÇÃO DA PESQUISA

A pesquisa foi realizada em Palmas – TO, tendo como terreno para estudo a gleba ARSO 51 (Quadra 503 Sul), que atualmente não possui micro parcelamento, no entanto, como este estudo baseia-se na proposta de parcelamento de Jesus (2020), faz-se pertinente utilizar a gleba em questão, que posteriormente será denominada como quadra, representada na Figura 20.

O objeto de estudo do presente trabalho são os critérios que influenciam na escolha de uma pavimentação permeável para uma gleba sustentável.

Figura 20 – Situação da gleba de estudo

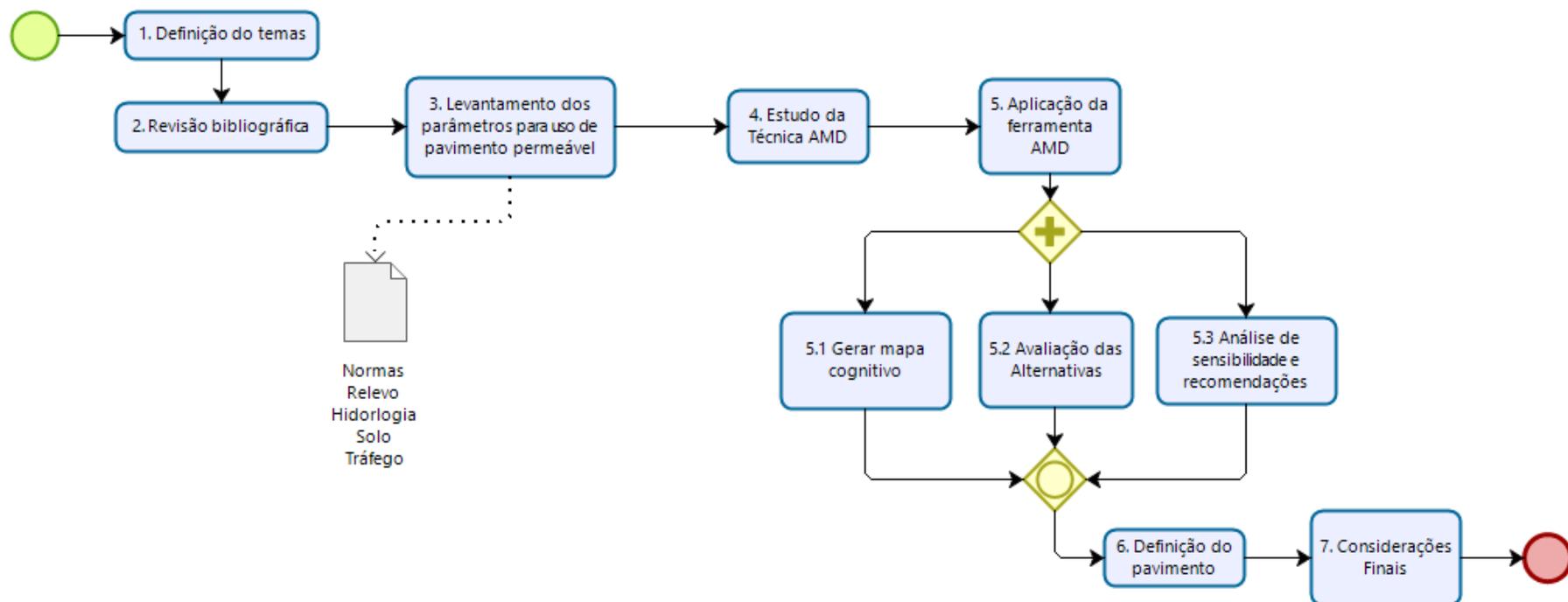


Fonte: Adaptado pelo autor de GOOGLE MAPS (2020)

3.3 INSTRUMENTOS DE COLETA E ANÁLISE DOS DADOS

A fim de ter como resultado a escolha de um pavimento permeável que melhor se adeque para a gleba em questão, este estudo seguiu o fluxo apresentado na Figura 21.

Figura 21 – Fluxo da pesquisa



Fonte: Autor (2020).

Passo 1 – Foi definido o tema a ser trabalhado neste estudo, citado anteriormente.

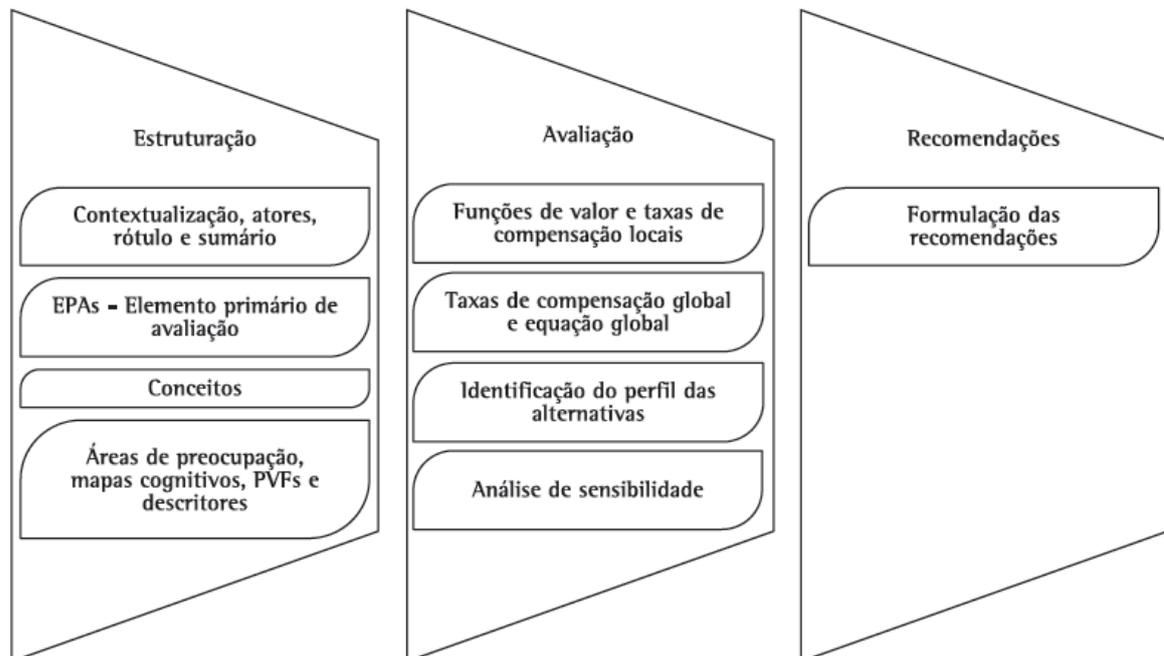
Passo 2 – Neste passo foi desenvolvido todo o estudo acerca do tema, sendo definido o pavimento em um contexto geral e suas propriedades, o pavimento em um contexto mais sustentável, pavimentos permeáveis e a aplicação da ferramenta de apoio multicritério a decisão para auxiliar na determinação do pavimento ideal para a gleba.

Passo 3 – Foi estudado profundamente os pavimentos permeáveis, levando em consideração os parâmetros mínimos e/ou decisórios para a utilização do pavimento em questão. Para o levantamento dessas características foi observada a recomendação da ABCP, NBR 9781 - Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio que traz os métodos de utilização e ensaios acerca das peças de concreto pré-moldadas, NBR 16416 – Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos que estabelecem os parâmetros técnicos a seguir para utilização da pavimentação permeável, sendo tais características obtidas a partir de coleta de dados de estudos pré-existentis:

- a) Condições de carregamento;
- b) Coeficiente de permeabilidade do subleito;
- c) Condições de saturação do solo;
- d) Nível do lençol freático;
- e) Limite das áreas de contribuição
- f) Declividade;
- g) Avaliação do risco de contaminação do lençol freático;
- h) Área da bacia de contribuição a ser controlada;
- i) Esforços e tráfego intensos.

Passo 4 – Foi estudada a técnica AMD e organizada a estrutura de utilização do método no trabalho em questão, os procedimentos iniciais necessários para aplicação do AMD foi baseada nos estudos acerca da estruturação do problema, avaliação das alternativas, análise de sensibilidade das alternativas e recomendações. Seguindo o fluxo apresentado na Figura 22.

Figura 22 - Fases do processo AMD

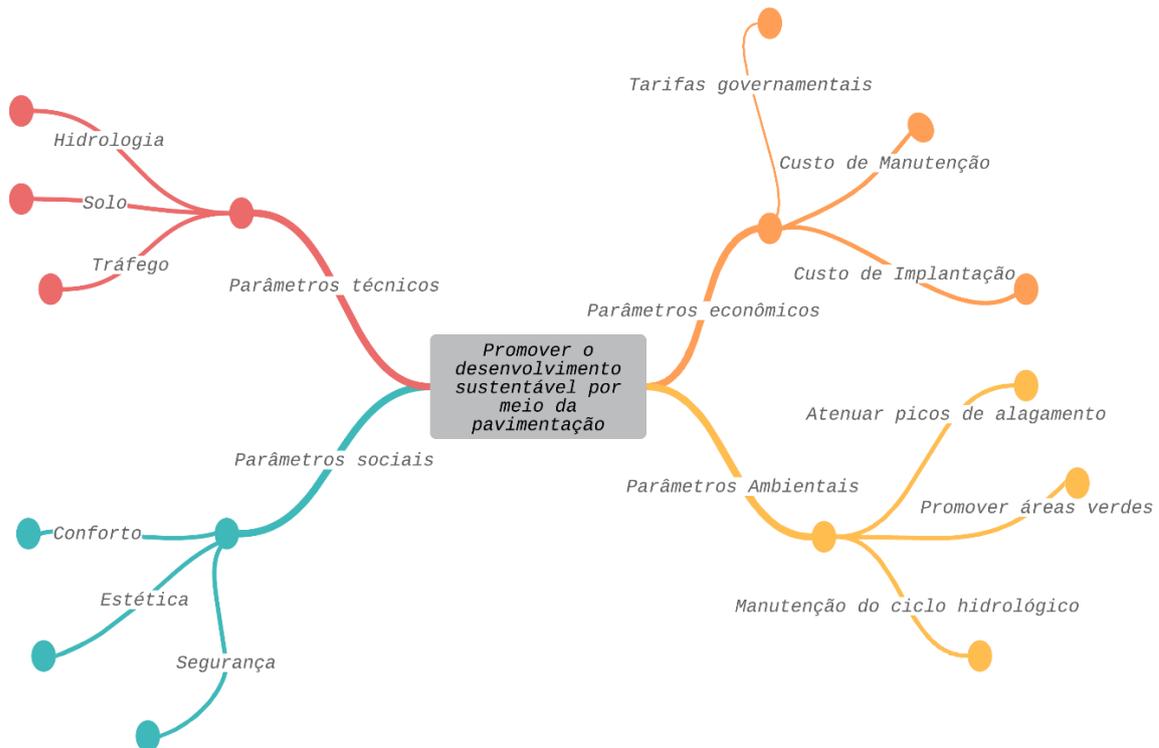


Fonte: ENSSLIN et al. (2013).

Passo 5 – Foi aplicada a técnica AMD para auxiliar a escolha da pavimentação permeável tendo em vista a participação de atores ou figuras com ligação direta/indireta com o problema em questão, sendo estas pesquisas mensuradas e quantificadas a fim de escolher o pavimento a partir da escolha da alternativa que mais se adequa econômica, técnica e ambientalmente. Para a obtenção de dados necessários foram realizadas pesquisas com especialistas envolvidos com o tema (engenheiros, arquitetos, professores etc.), por meio da metodologia Delphi, que consiste em “facilitar e melhorar a tomada de decisões feitas por um grupo de especialistas, sem interação cara-a-cara” (OSBORNE; COLLINS; RATCLIFFE; MILLAR; DUSCHL, 2003, p. 697).

Passo 5.1 – Para auxiliar nas pesquisas com os atores será utilizado um mapa cognitivo, para nortear os entrevistados quanto ao contexto decisório e os objetivos iniciais do modelo. Conforme a ilustração do mapa a seguir, vide Figura 23:

Figura 23 - Mapa com objetivos gerais do modelo



Fonte: Autor (2020).

Passo 5.2 – Avaliação das alternativas

Nesta etapa ocorre o processamento dos dados levantados *in loco*, a partir das entrevistas realizadas com atores serão definidos vários conceitos que compõe o mapa cognitivo, onde tais conceitos são meios que levam a elencar os objetivos do modelo, a partir da análise do mapa, tanto a tradicional que toma como base a interpretação da forma e coerência quanto a análise avançada que de fato atribui aos conceitos valores de atributos, por meio da organização dos conceitos que possuem similaridade no contexto decisório, sendo organizados em forma de tabela para obter como resultado o conceito essencial e controlado que é considerado como um objetivo fundamental. Na sequência será atribuído a cada objetivo um atributo, que funciona como meio para medir o grau em que um objetivo é alcançado. Onde será definido o tipo do atributo, sendo estes diretos, indiretos ou construídos, organizados em escala de medida. Os que são medidos indiretamente serão utilizados atributos do tipo proxy.

Posteriormente será definida as alternativas de pavimentos para a avaliação multicritério a partir das avaliações locais, constante de escala e avaliação global. Será atribuído um valor para cada atributo por meio da aplicação da função de valor e a determinação das constantes de

escala através do método *swing weights* e na sequência será aplicada a fórmula de agregação aditiva para obter os valores globais das alternativas.

Passo 5.3 – Análise de sensibilidade e recomendações

Esta etapa consistirá em calcular a análise de sensibilidade dos dados obtidos a partir das constantes de escala desenvolvidas, estas constantes terão seus valores alterados e serão verificados se os resultados das avaliações globais sofrerão alteração, principalmente na ordem das alternativas com valores mais altos. A partir da análise de sensibilidade será recomendada a alternativa que obteve maior destaque em comparação com as alternativas.

Passo 6 – A partir dos resultados obtidos após a coleta e processamento dos dados realizado por meio da ferramenta Excel e utilização do método AMD, o pavimento com maior aceitação (pontuação) será recomendado.

Passo 7 – Após ser realizada a análise dos resultados será feita as considerações acerca do pavimento escolhido contrapondo com os parâmetros levantados para a escolha da pavimentação e ainda a aplicabilidade deste estudo em vários cenários distintos a fim de contribuir social, econômica e ambientalmente.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Este capítulo apresenta a aplicação do AMD no estudo para indicar o pavimento permeável que melhor se adequa na gleba sustentável de acordo com o ponto de vista dos atores envolvidos.

4.1 ESTRUTURAÇÃO DO PROBLEMA

Neste item, é realizada a estruturação do problema em questão, pois garante um melhor entendimento acerca do problema de decisão por parte dos envolvidos no processo. A estruturação consiste em definir o contexto de decisão, identificando os objetivos dos atores e organizando-os de forma que se possa quantificá-los.

4.1.1 Contexto de decisão

A caracterização do contexto de decisão foi definida pelo nível de decisão e pelos limites técnicos e geográficos. O nível de decisão do problema consiste em fornecer recursos técnicos para que a escolha da pavimentação da gleba atenda os principais objetivos dos atores envolvidos na escolha.

A gleba do estudo está localizada na região sudoeste de Palmas – TO, com clima seco e variação de temperatura entre 20°C e 35 °C, a vegetação predominante é o cerrado. A quadra em estudo é configurada como um vazio urbano, em seu entorno é possível verificar a presença de construções na área de saúde assim como áreas comerciais. Em Palmas é possível perceber várias presenças de vazios urbanos em contraste com a liberação de loteamentos mais afastados da região central, sendo um dos objetivos do plano diretor de Palmas quando este foi desenvolvido.

Contrapondo a realidade citada acima com os frequentes problemas de drenagem urbana em Palmas, este estudo busca auxiliar no processo de escolha de um pavimento que atenua tal problemática e ainda incentivar o parcelamento dos vazios urbanos existentes. As áreas no entorno a gleba serão beneficiadas tanto do ponto de vista técnico (solução de problemas de drenagem), quanto ambiental e socialmente, pois a gleba será vista como um modelo sustentável de parcelamento urbano.

Quanto aos limites técnicos a pesquisa foi desenvolvida para propor subsídios para a implantação de pavimentos permeáveis na gleba sustentável em questão e em locais com finalidades e objetivos semelhantes ao do estudo.

4.1.2 Identificação dos atores

Para propiciar uma gama de objetivos que atenda ao máximo no processo de escolha do pavimento mais adequado, os atores consultados profissionais da área de urbanismo, um é atuante como arquiteto e urbanista no governo do estado do Tocantins, pesquisador na área de

conforto térmico. O segundo ator também é arquiteto e urbanista, servidor na prefeitura municipal de Palmas, pesquisador e atuante na área de infraestrutura urbana.

4.1.3 Identificação dos objetivos dos atores

A definição dos objetivos dos atores, foi realizada tomando como base a dissertação de mestrado de Loss (2018), onde é proposta a recomendação de pavimentos para uma via em São Paulo. A pesquisadora realizou pesquisas com atores envolvidos no processo de decisão e elencou os objetivos que mais influenciam nesse processo de escolha de um pavimento. Os objetivos deste trabalho são elencados a partir da dissertação contrapondo com os parâmetros de utilização dos pavimentos e a literatura sobre utilização de pavimentos em ambientes sustentáveis

Os objetivos a serem mensurados são: custo de implantação do pavimento, promover conforto térmico, capacidade drenante do pavimento, proporcionar conforto de rolamento, durabilidade e hierarquia viária.

4.1.4 Definição dos atributos

4.1.4.1 Custo de implantação do pavimento

Para avaliar este objetivo foi criado o atributo *custo de implantação*, sendo classificado como natural. Para medi-lo foram criadas planilhas orçamentárias considerando o custo de cada pavimento, tendo como referência a base de dados da Caixa Econômica Federal o SINAPI (08/2020) e tabela de composição de custos unitários de INFRA – JAN 2020 de São Paulo.

Para composição do custo de cada pavimento, não foram considerados os serviços de escavações mecanizadas, limpeza do terreno, transporte de materiais e os custos associados as despesas indiretas (BDI). O orçamento realizado quantifica os custos diretos em metros quadrados (m²), contemplando os matérias, mão-de-obra e equipamentos e drenagem.

Alguns dos pavimentos não possuem composição de custos no SINAPI e na tabela de INFRA da prefeitura de São Paulo, desta forma fez-se necessários compor os custos para elaboração orçamentaria dos pavimentos. Para o permeável de concreto foram utilizados os seguintes consumos de materiais, 374 kg/m³ de cimento CP III, 1660 kg/m³ de agregado, sendo 10% deste total, agregado miúdo e 90% agregado graúdo. Estes valores foram obtidos a partir do trabalho de conclusão de curso em engenharia civil (ALCÂNTARA; FLORÊNCIO, 2017). A partir dos consumos, foi adaptada a composição de custo do SINAPI, por meio do Orçafascio, onde foi possível alterar o tipo de concreto e adequar para a realidade do presente trabalho.

A composição de custos de cada pavimento está detalhada no APÊNDICE I. Os valores de custo dos tipos de pavimentações e drenagem estão descritos abaixo no Quadro 5.

Quadro 5 – Custo dos pavimentos e drenagem por metro quadrado (m²)

Pavimento	R\$/m²
Intertravado com peças pré-moldadas de concreto (PPC)	128,33
Camada Porosa de Atrito (CPA)	132,37
Pavimento de Concreto Permeável (PCP)	149,56
Intertravado com peças pré-moldadas de concreto juntas drenantes (PPCJD)	164,18
Intertravado com peças pré-moldadas de concreto porosas (PPCP)	191,22

Fonte: Autor (2020).

Quadro 6 – Custo de implantação

Escala	Intervalo
R\$/m ²	115 – 210,

Fonte: Autor (2020).

A partir do cálculo dos custos de implantação, foi determinado o de custo dos pavimentos organizados em um intervalo, que corresponde a subtração de 10% do menor custo e acréscimo de 10% do maior, com a finalidade apenas de englobar de forma ampla os intervalos, a variabilidade do custo fixado está apresentada conforme Quadro 6 acima.

4.1.4.2 Promover conforto térmico

Para avaliar o conforto térmico propiciado pelos pavimentos urbanos foi utilizado o atributo natural *temperatura da superfície*.

Foram utilizados os dados referentes a uma pesquisa científica realizada em Recife – PE, devido dificuldade em se mensurar a temperatura de pavimentos diversos em um mesmo cenário. A pesquisa abrange a aferição de temperatura de pavimentos de concreto, asfálticos, intertravados de pedra e de cimento em 3 pontos de análise da cidade, como referência neste trabalho foi utilizado os dados referentes ao ponto 3, que possui características como, baixa umidade relativa do ar, edificações de médio e baixo porte e com existência de corredor de transportes urbanos (MACEDO NETO; 2016).

Para a análise foram utilizadas as temperaturas dos pavimentos asfálticos para compor a classificação do CPA, os de concreto para representar o pavimento de concreto permeável e os intertravados para compor as temperaturas de todos os intertravados referenciados nesta pesquisa, conforme Quadro 7. A variação de temperatura está apresentada no Quadro 8.

Quadro 7 - Temperatura superficial dos pavimentos expostos ao sol

Temperatura dos pavimentos	
Tipo de pavimento	Temperatura média (sol) - °C
Intertravado (Cinza)	46,1
Asfalto	50,6
Concreto	48,9

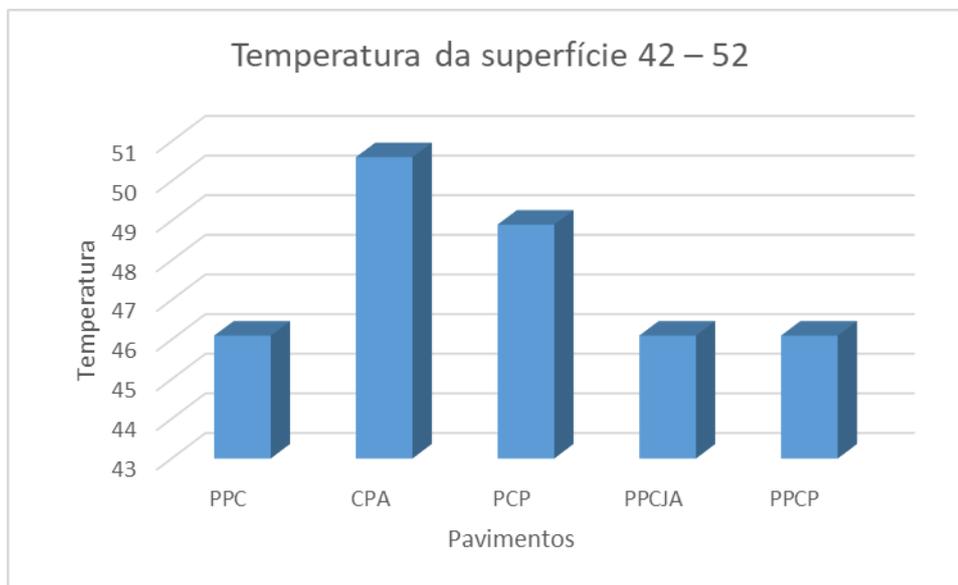
Fonte: Macedo Neto (2016).

Quadro 8 - *Temperatura da superfície*

Escala	Descrição
°C	45 - 52

Fonte: Adaptado de Macedo Neto (2016).

Figura 24 - Gráfico temperatura média dos pavimentos exposto ao sol



Fonte: Autor (2020).

O Quadro 7 e a Figura 24 apresentam as variações de temperatura conforme literatura de Neto Macedo, onde tal variação é em função do tipo de superfície do pavimento, sendo que os intertravados de cor mais clara (cinza) apresentam menor temperatura e os de asfalto a maior temperatura superficial, já os de concreto possuem valores intermediários,

4.1.4.3 Capacidade drenante do pavimento

O atributo para mensurar este objetivo foi denominado de coeficiente de *escoamento superficial* classificado como direto. Para determiná-lo foi realizado estudo acerca dos valores padrões para cada tipo de pavimento permeável, conforme os Quadros 9 e 10. O pavimento permeável visa reduzir o coeficiente de *runoff*, onde cada pavimento reduz a quantidade de escoamento superficial gerado pelas precipitações (MÜLLER, 2017).

Quadro 9 - Valores de escoamento superficial, estudo I

Tipo de Superfície	Coefficiente de escoamento superficial médio
Cimento e Asfalto	0,95
Paralelepípedo	0,60
Blockets	0,78
Concreto asfáltico poroso	0,03
Solo compactado	0,66
Concreto permeável	0,005

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (1999);

Quadro 10 - Atributo *escoamento superficial*

Nível	Intervalo
06	0,005 – 0,5% da precipitação causa escoamento superficial
05	0,03 – 3% da precipitação causa escoamento superficial
04	0,60 – 60% da precipitação causa escoamento superficial
03	0,66 – 66% da precipitação causa escoamento superficial
02	0,78 – 78% da precipitação causa escoamento superficial
01	0,95 – 95% da precipitação causa escoamento superficial

Fonte: Adaptado de Araújo *et al.* (1999);

Figura 25 – Variação dos coeficientes de *Runoff* de acordo com cada nível.



Fonte: Autor (2020).

Para cada coeficiente de *escoamento superficial* foi atribuído um nível, que representa cada tipo de superfície, para o nível 1 foi associado o pavimento de cimento ou asfalto, para o 2 os *blockets*, assim sucessivamente conforme os Quadros 9 e 10 e o gráfico da Figura 25.

4.1.4.4 Proporcionar conforto de rolamento

O atributo *conforto de rolamento*, foi construído e baseado no estudo de Ferreira (2007), que atribui as características dos pavimentos ao conforto de rolamento oferecido pelos tipos de pavimentos, conforme Quadros 11 e 12.

Quadro 11 - Tipos de pavimentos e conforto associado

Pavimento	Descrição
Camada porosa de atrito (CPA)	Proporciona bom conforto de circulação devido a homogeneidade e regularidade da superfície.
Peças pré-moldadas de concreto (PPC)	Proporciona regular conforto de circulação, porém mesmo com um número reduzido de juntas, pode gerar leve desconforto rodoviário.

PPC com juntas alargadas (PPCJD)	Proporciona regular conforto de circulação, porém mesmo com um número reduzido de juntas, pode gerar leve desconforto rodoviário.
PPC de concreto permeável (PPCP)	Proporciona regular conforto de circulação, porém mesmo com um número reduzido de juntas, pode gerar leve desconforto rodoviário.
Pavimento de concreto permeável (PCP)	Proporciona médio conforto de circulação, podendo haver leve desconforto devido a granulometria da camada superficial

Fonte: Adaptado Ferreira (2007).

Quadro 12 – *Conforto de rolamento*

Nível	Descrição
03	Superfície homogênea e regular, confortável ao tráfego rodoviário.
02	Superfície com pequenas irregularidades, podendo haver leve desconforto devido a granulometria da camada superficial.
01	Proporciona regular conforto de circulação, porém mesmo com um número reduzido de juntas, pode gerar leve desconforto rodoviário.

Fonte: Adaptado Ferreira (2007)

Cada nível apresentado no Quadro 12, indica um parâmetro de conforto de rolamento, sendo que os tipos de pavimentos se associam aos parâmetros descritos no Quadro 11 e 12. O nível 1 indica as características de rolagem condizentes com os pavimentos PPCP, PPCJD e PPC, dessa forma foi organizado os demais níveis.

4.1.4.5 Durabilidade

O atributo para mensurar este objetivo é do tipo *Proxy*, no qual será medida a vida útil do pavimento conforme a literatura, onde os pavimentos flexíveis possuem vida útil em torno de 10 a 15 anos e os rígidos 20 anos, conforme Quadro 13 (SENÇO, 2007; BALBO; 2009).

Quadro 13 - Atributo *vida útil*

Escala	Intervalo
Anos	10 a 20

Fonte: Senço (2007); Balbo (2009).

O Quadro 13 apresenta os anos de vida útil em função do tipo de pavimento, se são flexíveis ou rígidos, de forma geral.

4.1.4.6 Hierarquia viária

Para medir este objetivo foi utilizado o atributo construído *tipo de tráfego*, tendo como referência as Instruções de Projeto da Prefeitura do Município de São Paulo, onde para cada tipo de tráfego é recomendado um tipo de pavimentação, conforme Quadro 14 e 15.

Quadro 14 - Tipo da via, tráfego e pavimento recomendado

Classificação das vias	Tipo de tráfego	Pavimentos recomendados
------------------------	-----------------	-------------------------

Arterial	Meio pesado	PPC/CPA
Vias coletoras	Médio/Meio pesado	PPC/CPA
Vias locais	Tráfego leve	PPC/CPA/PPCJA/PCP/PPCP
Vias privadas locais	Tráfego leve	PPC/CPA/PPCJA/PCP/PPCP
Itinerário de ônibus	Médio/Meio pesado	PPC/CPA

Fonte: São Paulo (2004a; 2004b; 2004c; 2004d).

Quadro 15 - Atributo *tipo de tráfego*

Nível	Descrição
03	Recomendado para todos os tipos de tráfego.
02	Recomendado para tráfego médio, meio pesado e vias que contemplem o itinerário de ônibus.
01	Recomendado para tráfego leve, médio e meio pesado.

Fonte: São Paulo (2004a; 2004b; 2004c; 2004d).

A Quadro 15 apresenta a recomendação dos tipos de pavimentos em função da utilização, sendo organizados em níveis, onde o nível 1 representa um pavimento onde o tipo de tráfego deva ser leve, médio e meio pesado, assim foram organizados os demais níveis.

4.1.5 Atributos, escalas e intervalos

Após definir todos os objetivos fundamentais e criar um atributo para mensurar o objetivo, estes foram organizados e dispostos no Quadro 16 abaixo.

Quadro 16 - Atributos, escalas e intervalos

Nº	Objetivo fundamental	Atributo	Escala	Intervalo de variação
01	Custo de implantação	Custo de implantação	R\$/m ²	118 – 225
02	Promover conforto térmico	Temperatura da superfície	°C	42 – 52
03	Capacidade drenante do pavimento	Escoamento superficial	Construída	N1 a N6
04	Proporcionar conforto de rolamento	Conforto de rolamento	Construída	N1 a N3
05	Durabilidade	Vida útil	Anos	10 a 20
06	Hierarquia viária	Tipo de tráfego	Construída	N1 a N3

Fonte: Autor (2020).

O Quadro 16, tem como função perceber de forma global os objetivos fundamentais e os atributos criados para medi-los, as escalas de medidas e ainda os intervalos de variação de cada atributo, dessa forma é mais simples verificar as particularidades de cada objetivo.

4.1.6 Níveis dos atributos de cada alternativa

Como alternativa de pavimentos, neste trabalho são abordados 5 tipos, sendo estes o pavimento de Camada Porosa de Atrito (CPA), Peças Pré-moldadas de Concreto (PPC), Peças Pré-moldadas de Concreto Porosas (PPCP), Peças Pré-moldadas de Concreto com Juntas Alargadas (PPCJA), Pavimento de Concreto Permeável (PCP). A partir das alternativas de pavimentos acima, foi elaborada a matriz de decisão representada nos Quadros 17 e 18, que consiste em organizar os tipos de pavimentos de acordo com seus atributos e níveis.

Quadro 17 - Matriz de decisão atributos de 1 a 4.

Alternativas	Atributos			
	1	2	3	4
	Custo de implantação	Temperatura da superfície	Escoamento superficial	Conforto de rolamento
	118 – 225	42 – 52	N1 a N6	N1 a N3
PPC	131,06	46,1	N2	N1
CPA	152,91	50,6	N5	N3
PCP	181,45	48,9	N6	N2
PPCJA	191,73	46,1	N4	N1
PPCP	206,06	46,1	N4	N1

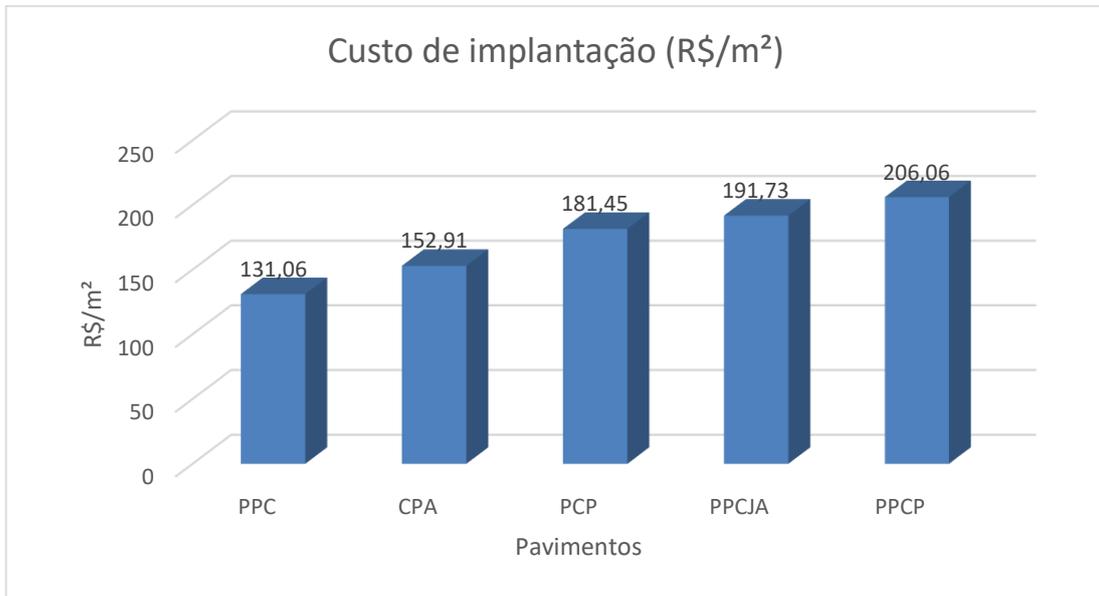
Fonte: Autor (2020).

Quadro 18 - Matriz de decisão atributos 5 e 6.

Alternativas	Atributos	
	5	6
	Vida útil	Tipo de tráfego
	10 a 20	N1 a N3
PPC	15	N2
CPA	10	N2
PCP	10	N1
PPCJA	10	N1
PPCP	10	N1

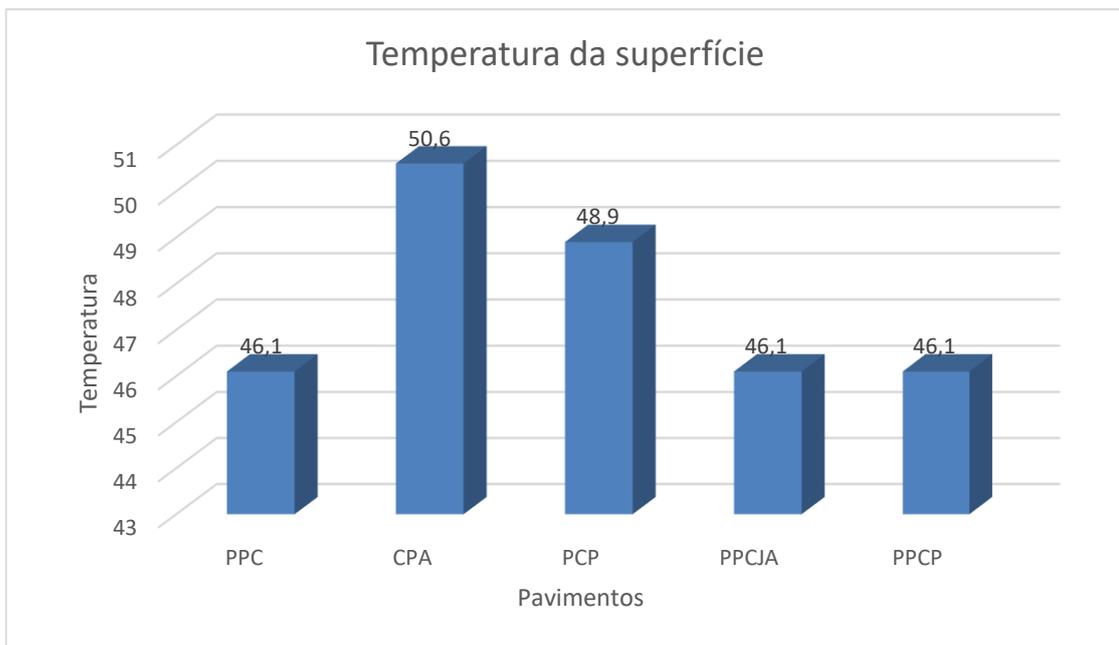
Fonte: Autor (2020).

Figura 26 - Custo de implantação



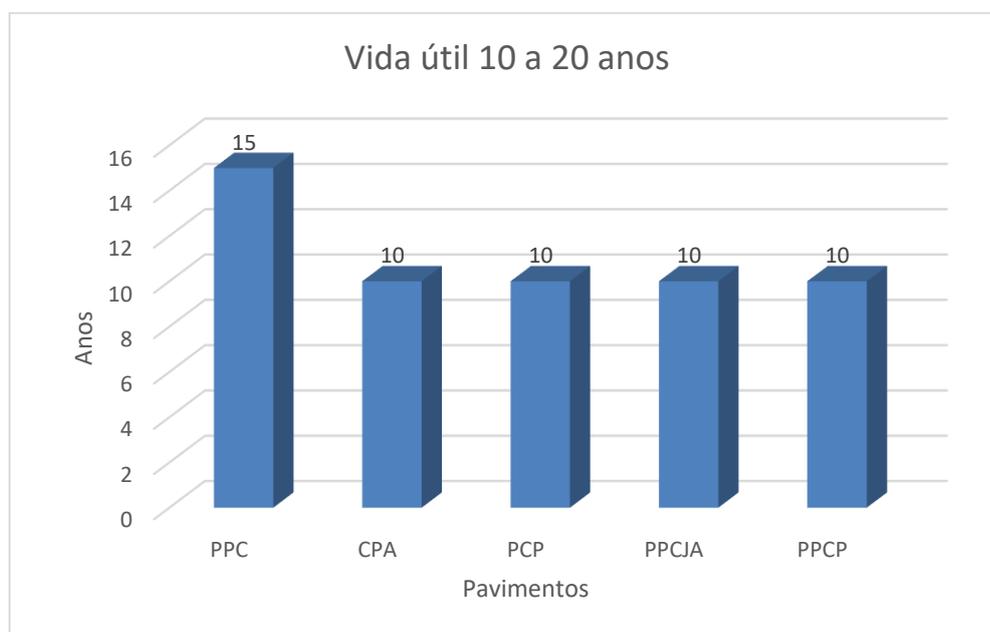
Fonte: Autor (2020).

Figura 27 – Temperatura de superfície



Fonte: Autor (2020).

Figura 28 - Vida útil



Fonte: Autor (2020).

O gráfico da Figura 26 indica os resultados do atributo *custo de implantação*, onde é mensurado o custo de cada pavimento obtido por meio da composição de custos do anexo A. Já o gráfico da Figura 27, apresenta os valores de temperatura superficial para cada um dos 5 pavimentos, podendo observar as diferenças e semelhanças entre as alternativas. A Figura 28 indica a vida útil associada a cada tipo de pavimento, podendo observar que apenas o PPC obteve maior vida útil, já os demais foram classificados com o tempo mínimo estabelecido na escala do atributo, isto associado ao processo de colmatação, que pode interferir no tempo de vida do pavimento, pois, se este perde a sua função drenante (que é um dos objetivos e funções do pavimento permeável), a vida útil foi comprometida.

Salienta-se que a vida útil do pavimento está associada a manutenção e forma de implantação. Durante o processo de utilização do pavimento, deve ser realizadas manutenções periódicas afim de maximizar a vida da pavimentação, observa-se que estas intervenções geram custos que também implicam na decisão de uma alternativa. Mas deve-se atentar que a vida útil é alcançada seguindo a correta utilização e implantação dos pavimentos.

4.2 AVALIAÇÃO DAS ALTERNATIVAS

Para elaborar esta etapa foi realizada uma pesquisa com os decisores para definir as constantes de escalas e as funções valor. Para que a partir desses resultados fossem elaboradas a avaliação local e global.

4.2.1 Funções de valor

Para compor as funções de valores, foram entrevistados dois profissionais da área de urbanismo, um arquiteto e urbanista pesquisador na área de conforto ambiental (entrevistado 1) e outro arquiteto e urbanista membro da secretaria de planejamento urbano de Palmas – TO (entrevistado 2).

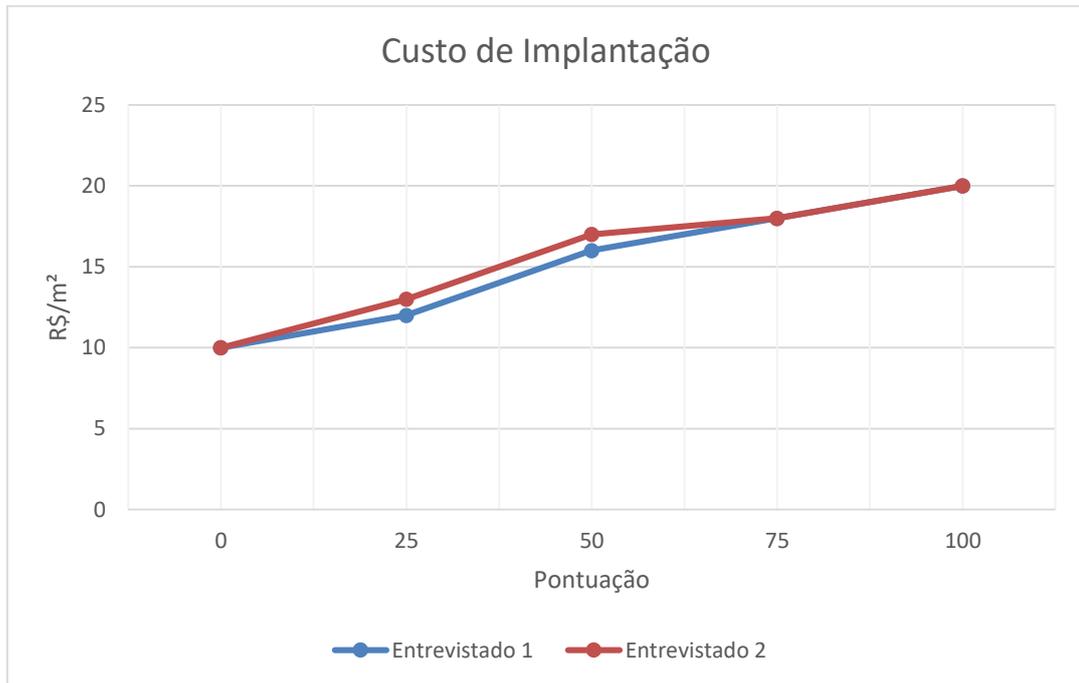
Inicialmente foi explicado aos entrevistados sobre a linha de pesquisa, para que estes conseguissem entender o contexto de decisão atrelado aos pavimentos permeáveis. A partir disso foi de fato realizada a pesquisa, apresentando aos participantes o método da bissecção e da pontuação direta, que seriam os meios para obter as funções de valores, conforme apresentado no item 2.3.2.1. Para auxiliar a pesquisa, foram desenvolvidas, planilhas no *software Microsoft Office Excel*, com o apoio de gráficos, que conforme os entrevistados fossem pontuando os atributos na escala de 0 (pior nível) a 100 (melhor nível) estes iam tomando forma e propiciando maior entendimento acerca da pesquisa. As funções de valores estão representadas nos Quadros 19, 20, 21, 22, 23 e 24 abaixo.

Quadro 19 – Função de valor para o custo de implantação.

Atributo	Escala	Intervalo
Durabilidade	Anos	10 a 20
Entrevistado 1	Entrevistado 2	Níveis
20	20	100
18	18	75
16	17	50
12	13	25
10	10	0

Fonte: Autor (2020).

Figura 29 - Gráfico função de valor do custo de implantação.



Fonte: Autor (2020).

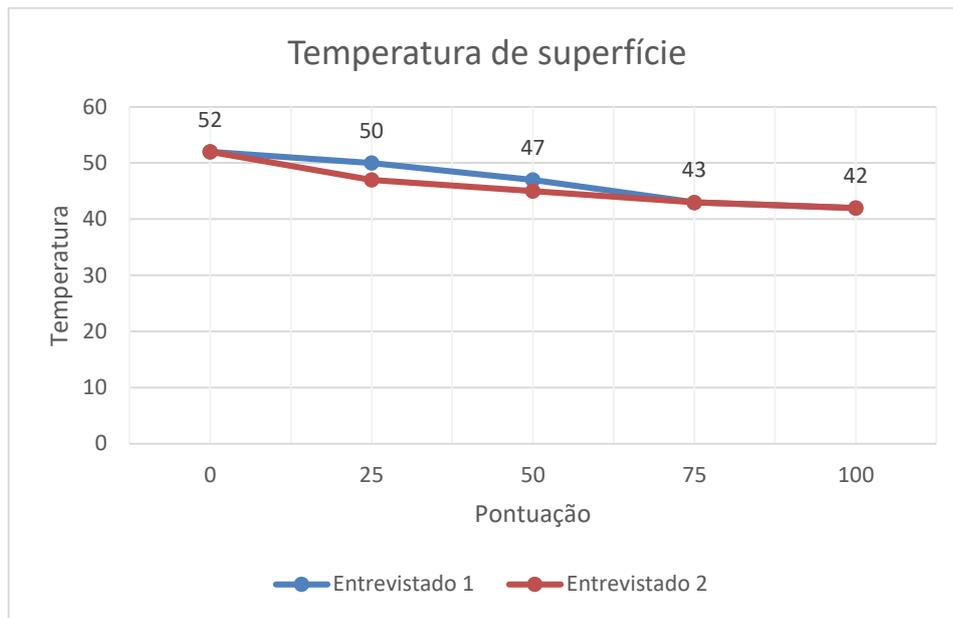
O Quadro 19 apresenta o atributo *custo de implantação* e as funções de valores que cada entrevistado atribuiu, variando de 0 a 100, a Figura 29 representa melhor a variação de pontuação dos entrevistados. É possível identificar grande semelhança na escolha das funções de valores entre os dois entrevistados.

Quadro 20 - Função de valor para o Temperatura de superfície.

Atributo	Escala	Intervalo
Promover conforto térmico	°C	42 - 52
Entrevistado 1	Entrevistado 2	Níveis
42	42	100
43	43	75
47	45	50
50	47	25
52	52	0

Fonte: Autor (2020).

Figura 30 - Gráfico função de valor da temperatura de superfície.



Fonte: Autor (2020).

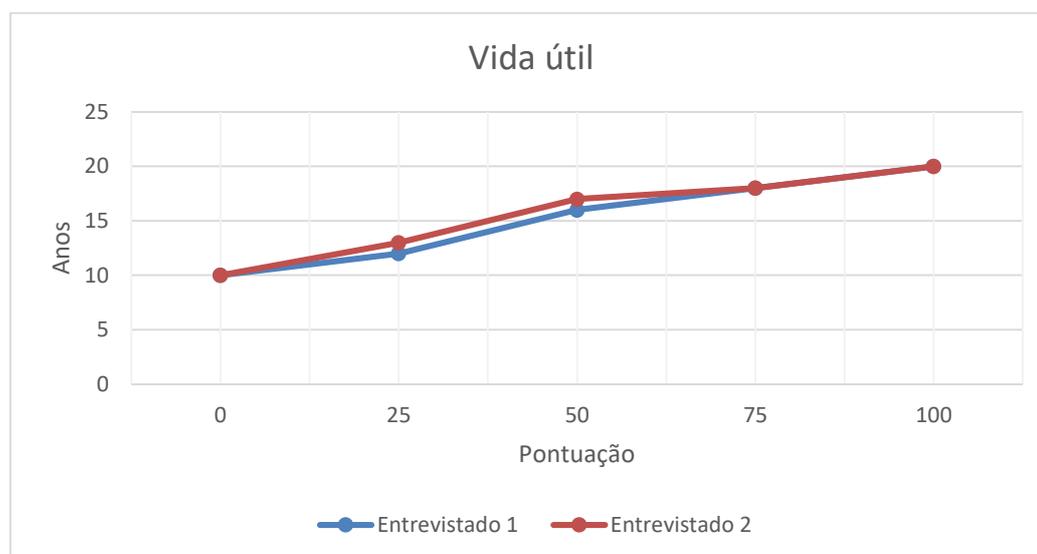
O Quadro 20 indica as funções de valores de cada entrevistado para o atributo *temperatura superficial*, assim como na Figura 30, onde é possível verificar as diferenças e semelhanças das funções obtidas a partir das entrevistas com os atores. É possível perceber que o entrevistado 2 possui maior rigidez em relação a temperatura, este tolera bem menos as altas temperaturas, já o entrevistado 1, conforme as pontuações, tolera temperaturas um pouco mais elevadas dentro da escala.

Quadro 21 - Função de valor para a vida útil.

Atributo	Escala	Intervalo
Durabilidade	Anos	10 a 20
Entrevistado 1	Entrevistado 2	Níveis
20	20	100
18	18	75
16	17	50
12	13	25
10	10	0

Fonte: Autor (2020).

Figura 31 - Gráfico função de valor da vida útil.



Fonte: Autor (2020).

O Quadro 21 apresenta as pontuações obtidas para o atributo *vida útil*, onde é possível analisar por meio do gráfico da Figura 31, as funções de valores de cada entrevistado, verificando suas preferências e ponderações de acordo com os anos de vida útil.

Quadro 22 - Função de valor para a escoamento superficial.

Atributo	Nível	Intervalo	Entrevistado 01	Entrevistado 02
Escoamento Superficial	6	0,005 – 0,5% da precipitação causa escoamento superficial	100	100
	5	0,03 – 3% da precipitação causa escoamento superficial	90	95
	4	0,60 – 60% da precipitação causa escoamento superficial	50	75
	3	0,66 – 66% da precipitação causa escoamento superficial	48	70
	2	0,78 – 78% da precipitação causa escoamento superficial	25	30
	1	0,95 – 95% da precipitação causa escoamento superficial	0	0

Fonte: Autor (2020).

A partir do Quadro 22 é possível verificar as funções de valores estabelecidas pelos entrevistados, em uma variação de 0 a 100 pontos, onde 0 é a pior pontuação e 100 a melhor. É possível analisar que o quesito escoamento superficial, é percebido de forma diferente entre os dois entrevistados, o 1 atribuiu pontuações altas para níveis com menor escoamento superficial e pontuações bem baixas para os níveis com índice elevado de escoamento superficial, ou seja, o entrevistado 1 considera bastante levante a capacidade drenante dos pavimentos, já o 2 atribuiu notas medianas para cada nível, sem considerar as grandes diferenças entre os níveis de escoamento superficial gerado por uma precipitação.

Quadro 23 - Função de valor para o conforto de rolamento.

Atributo	Nível	Intervalo	Entrevistado 01	Entrevistado 02
Conforto de rolamento	3	Superfície homogênea e regular, confortável ao tráfego rodoviário.	100	100
	2	Superfície com pequenas irregularidades, podendo haver leve desconforto devido a granulometria da camada superficial.	65	70
	1	Proporciona regular conforto de circulação, porém mesmo com um número reduzido de juntas, pode gerar leve desconforto rodoviário.	0	0

Fonte: Autor (2020).

O Quadro 23 indica as funções de valores atribuídas para cada nível indicado para o atributo *conforto de rolamento*. OS dois entrevistados atribuíram notas semelhantes para os níveis.

Quadro 24 - Função de valor para o tipo de tráfego.

Atributo	Nível	Intervalo	Entrevistado 01	Entrevistado 02
Tipo de tráfego	3	Recomendado para todos os tipos de tráfego.	100	100
	2	Recomendado para tráfego médio, meio pesado e vias que contemplem o itinerário de ônibus.	60	70
	1	Recomendado para tráfego leve, médio e meio pesado.	0	0

Fonte: Autor (2020).

A partir das entrevistas foi elaborado o Quadro 24 acima, indicando as funções de valores de cada entrevistado para os níveis estabelecidos para o atributo *tipo de tráfego*. A diferença de pontuação para cada nível entre os entrevistados foi de 10 pontos, o que indica pouca divergência de preferências de ambos.

4.2.2 Definição das constantes de escala

Para obter as constantes de escalas, foi realizada pesquisa com os mesmos entrevistados, no mesmo dia de realização da pesquisa sobre as funções de valores. Inicialmente foi explicado como se daria a pesquisa e o método *swing wheighting*, conforme item 2.3.2.2 do referencial teórico, para que estes pontuassem os atributos de acordo com a ordem de preferência. O Quadro 25 apresenta os valores das constantes de escala por entrevistado.

Quadro 25 – Constantes de escala

Atributo	Entrevistado 1	Entrevistado 2
Vida útil	0,241	0,213
Temperatura da superfície	0,193	0,191
Custo de implantação	0,169	0,160
Conforto de rolamento	0,145	0,149
Escoamento superficial	0,205	0,181
Tipo de tráfego	0,048	0,106

Fonte: Autor (2020)

É indicado no Quadro 25, a preferência e ordem de cada atributo atribuída pelos entrevistados, onde o entrevistado considerou como mais importante a vida útil, posteriormente escoamento superficial, temperatura de superfície, custo de implantação, conforto de rolamento e por último o tipo de tráfego. O entrevistado 2 considerou como item de maior relevância a vida útil, posteriormente temperatura de superfície, escoamento superficial, custo de implantação, conforto de rolamento e por último tipo de tráfego.

A partir da obtenção das constantes de escala foi possível analisar a forma com que os entrevistados avaliam cada atributo, o nível de importância dos objetivos que impactam na implementação de um pavimento. Nota-se que para ambos entrevistados os atributos *vida útil*, *temperatura de superfície* receberam pontuações altas, o *custo de implantação* não é o mais importante a se pensar.

Quanto ao conforto de rolamento ambos pontuaram de forma semelhante e mediana de forma geral, o *tipo de tráfego* é classificado como o menos importante no processo, já o atributo *escoamento superficial*, tiveram pontuações bastante diferentes entre os dois entrevistados, para o 1, não é um dos atributos mais importantes, estando na segunda posição menos priorizados, no entanto para o entrevistado 2 o *escoamento superficial* possui importância mediana de forma geral.

4.2.3 Avaliação local das alternativas

A avaliação local das alternativas consistiu em organizar os dados das entrevistas de forma a conhecer os níveis que cada pavimento ocupa, dentro dos intervalos de cada atributo. Para os atributos medidos pelo método da bissecção, foi realizada interpolação linear da linha de tendência gerada pela avaliação de cada entrevistado conforme os gráficos 24, 25 e 26. Para que se conseguisse encontrar o nível que o custo de cada pavimento ocupa dentro dos limites das retas geradas pela entrevista, por exemplo. Esse procedimento foi realizado para todos os atributos medidos pelo método da bissecção.

Já para os medidos pela pontuação direta, foi definido o nível de cada atributo dentro dos limites 0 e 100 pontos de forma mais direta, pois os entrevistados durante a pesquisa associaram pontos para cada atributo.

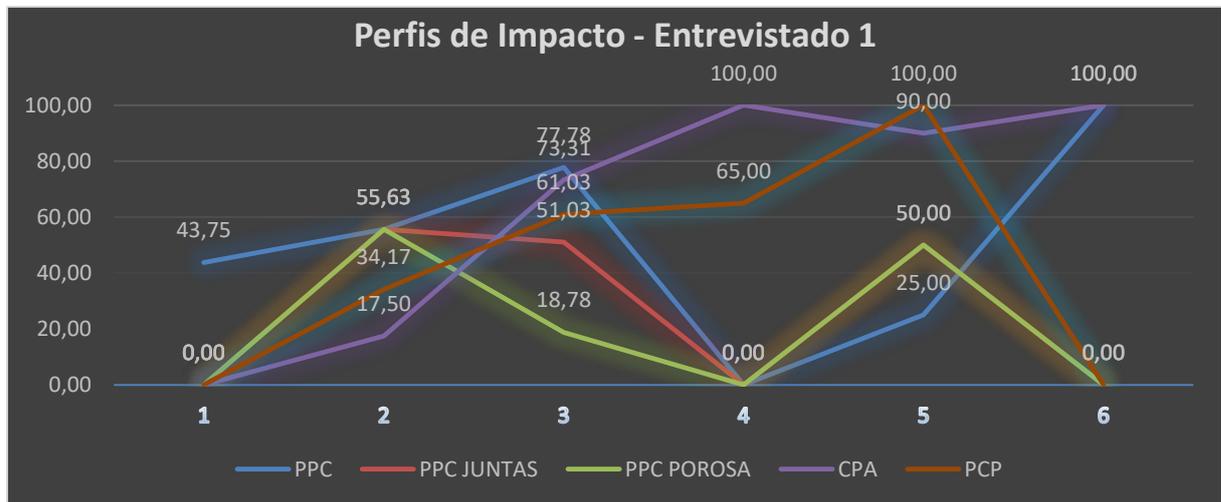
A avaliação local das alternativas com base no entrevistado 1 está disposta abaixo no Quadro 26 e na Figura 32.

Quadro 26 – Alternativas, atributos, níveis e função de valor (Entrevistado 1).

ATRIBUTO	Alternativas									
	PPC		PPC JUNTAS DRENANTES		PPC POROSA		CPA		PCP	
	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor
Vida útil	15,00	43,75	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00
Temperatura da superfície	46,10	55,63	46,10	55,63	46,10	55,63	50,60	17,50	48,90	34,17
Custo de implantação	128,33	77,78	164,18	51,03	191,22	18,78	132,37	73,31	149,56	61,03
Conforto de rolamento	N1	0,00	N1	0,00	N1	0,00	N3	100,00	N2	65,00
Escoamento superficial	N2	25,00	N4	50,00	N4	50,00	N5	90,00	N6	100,00
Tipo de tráfego	N3	100,00	N1	0,00	N1	0,00	N3	100,00	N1	0,00

Fonte: Autor (2020).

Figura 32 – Perfis de Impacto – Entrevistado 1.



Fonte: Autor (2020).

X'

Quadro 27 – Legenda de eixo

Rótulo (eixo horizontal)	Atributo
1	Vida útil
2	Temperatura de superfície
3	Custo de Implantação
4	Conforto de rolamento
5	Escoamento superficial
6	Tipo de tráfego

Fonte: Autor (2020).

A partir da leitura do gráfico é possível analisar as discrepâncias ou semelhanças entre o desempenho dos atributos. O atributo *vida útil* quando analisado, verifica-se que apenas o PPC possui resultados satisfatórios quando comparado com os outros pavimentos. Ao analisar *temperatura de superfície* nota-se que os pavimentos PPC, PPC porosas e PPC com juntas drenantes possuem mesma pontuação, entre 60 e 40 pontos, já o CPA e o PCP tiveram pontuações inferiores.

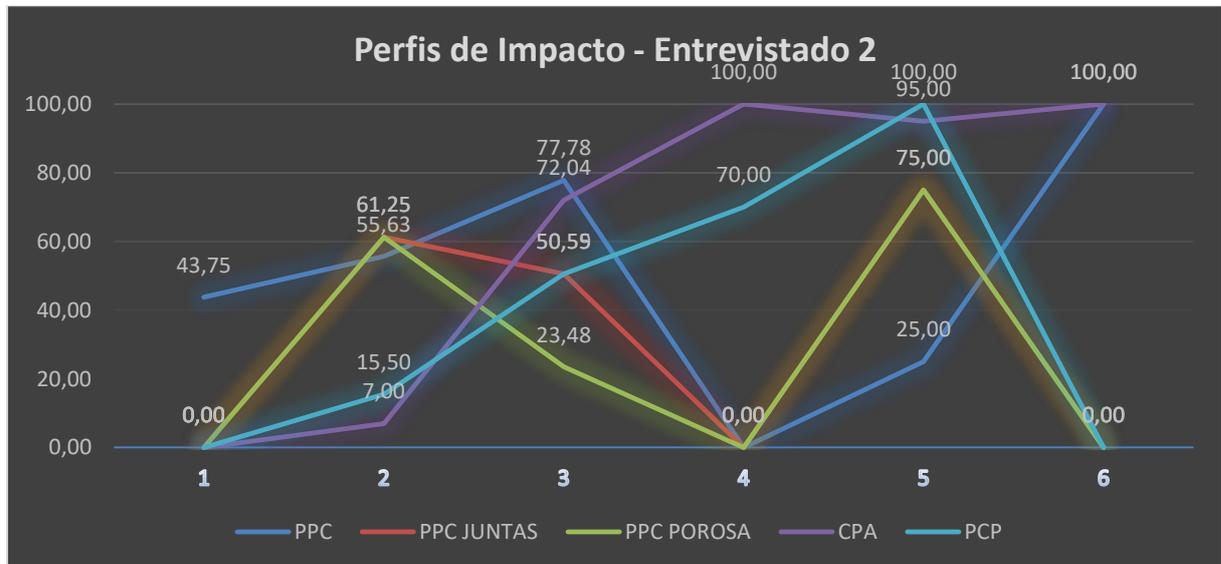
Observando o *custo de implantação*, é possível identificar que o PPC e o CPA possuem maiores pontuações (próximo de 80 pontos), ou seja, menor custo, o PPC poroso teve menor pontuação, ligeiramente maior que 20, sendo classificado como o pior em relação aos outros. Ao analisar *conforto de rolamento* é identificado que o CPA melhor desempenho com 100 pontos seguido do PCP com 65, os outros correspondem a 0. Em relação ao *escoamento superficial* o pavimento de concreto permeável e o camada porosa de atrito, obtiveram excelentes pontuações (100 e 90 pontos respectivamente), enquanto que os outros ficaram abaixo de 50 pontos. Ao analisar o atributo *tipo de tráfego*, que associa a finalidade de utilização do pavimento em relação ao tráfego, os pavimentos PPC e CPA, ficaram com pontuações altas, ou seja, a usabilidade desses é mais abrangente que a dos demais em relação ao tipo de tráfego. Já os PPC poroso, PPC com juntas drenantes e o PCP tiveram menor pontuação (0), pois não são recomendados para todos os tipos de tráfegos que compõe a avaliação O Quadro 28 e a Figura 33 correspondem aos resultados obtidos por meio da pesquisa com o entrevistado 2.

Quadro 28 - Alternativas, atributos, níveis e função de valor (Entrevistado 2).

Entrevistado 2										
ATRIBUTO	Alternativas									
	PPC		PPC JUNTAS DRENANTES		PPC POROSA		CPA		PCP	
	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor	Nível	Função de valor
Vida útil	15,00	37,50	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00	10,00	0,00
Temperatura da superfície	46,10	61,25	46,10	61,25	46,10	61,25	50,60	7,00	48,90	15,50
Custo de implantação	128,33	77,78	164,18	50,59	191,22	23,48	132,37	72,04	149,56	50,55
Conforto de rolamento	N1	0,00	N1	0,00	N1	0,00	N3	100,00	N2	70,00
Escoamento superficial	N2	50,00	N4	75,00	N4	75,00	N5	95,00	N6	100,00
Tipo de tráfego	N3	100,00	N1	0,00	N1	0,00	N3	100,00	N1	0,00

Fonte: Autor (2020).

Figura 33 - Perfis de Impacto – Entrevistado 2.



Fonte: Autor (2020).

Quadro 29 – Legenda de eixo

Rótulo (eixo horizontal)	Atributo
1	Vida útil
2	Temperatura de superfície
3	Custo de Implantação
4	Conforto de rolamento
5	Escoamento superficial
6	Tipo de tráfego

Fonte: Autor (2020).

Pelo gráfico da Figura 33 é possível analisar a classificação dos pavimentos associados as pontuações dadas pelo entrevistado de acordo com cada atributo medido. A *vida útil* quando analisada, verificou-se que apenas o PPC possui resultados satisfatórios quando comparado com os outros pavimentos. Ao analisar *temperatura de superfície* nota-se que os pavimentos PPC, PPC porosas e PPC com juntas drenantes possuem mesma pontuação, entre 60 e 40 pontos, já o CPA e o PCP tiveram pontuações inferiores, entre 0 e 20 pontos.

Observando o *custo de implantação*, é possível identificar que o PPC convencional possui maior pontuação (próximo de 80 pontos), ou seja, menor custo, o PPC poroso teve menor pontuação, ligeiramente maior que 20, sendo classificado como o pior em relação aos outros. Ao analisar *conforto de rolamento* é identificado que o PPC, PPC com juntas drenantes e o PPC poroso possuem pior desempenho e o CPA melhor e o PCP segundo melhor desempenho (70 pontos). Em relação ao *escoamento superficial* o pavimento de concreto permeável e o camada porosa de atrito, obtiveram excelentes pontuações 100 e 95 pontos respectivamente, enquanto que o PPC convencional obteve apenas 25 pontos, pior nível e os outros ficaram com 75 pontos. Em relação ao atributo *tipo de tráfego*, os pavimentos PPC e CPA, ficaram com pontuações altas, ou seja, a usabilidade desses é mais abrangente que a dos demais em relação ao tipo de tráfego. Já os pavimentos com PPC porosas, PPC com juntas drenantes e o PCP tiveram menor pontuação (0), pois não são recomendados para todos os tipos de tráfegos que compõe a avaliação

4.2.4 Avaliação global das alternativas

Por meio da formula de agregação aditiva é calculada a avaliação global de cada alternativa, ou seja, é definida a representatividade de cada pavimento dentro do contexto de decisão. No Quadro 30 é apresentada as avaliações globais obtidas a partir do entrevistado 1 e no Quadro 31 por meio do entrevistado 2.

Quadro 30 – Avaliações globais de cada pavimento – Entrevistado 1

Alternativas	Avaliações globais
CPA	53,45
PPC	44,33
PCP	46,76
PPC juntas drenantes	29,57
PPC porosas	24,13

Fonte: Autor (2020).

Quadro 31 – Avaliações globais de cada pavimento – Entrevistado 2

Alternativas	Avaliações globais
CPA	53,45
PPC	51,80
PCP	39,55
PPC juntas drenantes	33,37
PPC porosas	29,04

Fonte: Autor (2020).

A partir dos resultados obtidos foi possível identificar que o pavimento CPA, foi a melhor alternativa segundo os dois entrevistados, seguido pelo PPC. A alternativa de pavimento CPA é alcançada principalmente devido a ordenação das constantes de escalas de acordo com os entrevistados, exceto pelo atributo *vida útil*, que apesar de ocupar nota 100 é compensado pelos níveis altos dos atributos *temperatura de superfície* (90), *escoamento superficial* (85) e *conforto de rolamento* (70), dados esses que compõem as constantes de escalas e são influenciadores das avaliações globais quando associada as funções de valores.

Os atributos que mais influenciaram na colocação do PPC, foram *vida útil* que ocupa maior pontuação em nível de importância dos atributos, seguido do *custo de implantação* que apesar de não ter sido considerado uma das principais prioridades, influenciou o resultado devido ao baixo custo evidenciado na função de valor e ainda o atributo *temperatura de superfície*, que foi considerado como um dos mais importantes para ambos entrevistados associado aos nível ocupado pelo PPC como sendo um valor baixo de temperatura, ou seja, melhor pontuação na função de valor.

Para dar continuidade nas etapas posteriores, foram utilizados os resultados obtidos pelo entrevistado 1, por se tratar de um profissional atuante da área de urbanismo, membro do Quadro de funcionários do estado do Tocantins como arquiteto e urbanista e pesquisador do eixo de Tecnologia do Ambiente Construído e projetos bioclimáticos. O pavimento definido foi o CPA, por ser a alternativa resultante de toda a pesquisa, como a mais interessante para o cenário em questão, visto que o pavimento auxilia na atenuação de picos de alagamentos, é economicamente viável e ainda propicia conforto aos usuários. Estas são características desejáveis e importantes para a implementação de um bairro sustentável, o que justifica a escolha do CPA.

4.2.5 Análise de sensibilidade e recomendações

As constantes de escala tiveram papel significativo para os resultados das avaliações globais, sendo o parâmetro que mais influenciou no processo. Desta forma, optou-se por alterar os valores das constantes de escala em +/- 10%, para testar a robustez dos resultados e de fato

recomendar com maior precisão a alternativa ideal. Foi definido o atributo *escoamento superficial*, para ter seu valor de constante de escala majorado e minorado em 10% para os pavimentos em estudo, afim de analisar os valores alterados das avaliações globais. O Quadro 32 abaixo apresenta o resultado da análise de sensibilidade.

Quadro 32 – Análise de sensibilidade.

Alternativas	Análise - escoamento superficial	
	+ 10 %	- 10 %
CPA	54,39	52,52
PPC	43,83	44,82
PCP	48,13	45,40
PPC juntas drenantes	30,10	29,05
PPC porosas	24,80	23,47

Fonte: Autor (2020).

A partir da análise de sensibilidade foi possível observar uma variação muito pequena da avaliação global original e a modificada, nota-se que a ordenação dos pontos foram os mesmos, o que reforça a robustez dos resultados obtidos na pesquisa.

Todos os cinco tipos de pavimentos foram avaliados pelo apoio multicritério a decisão, onde foi identificado os objetivos dos atores, foram definidos os atributos para mensurar as alternativas e assim chegar a um resultado do pavimento que melhor representa o cenário em questão, desta forma recomenda-se a utilização do pavimento Camada Porosa de Atrito (CPA), visto que os resultados desta pesquisa foram testados, no entanto a alternativa não é uma única conclusão, o resultado serve como apoio para os órgãos públicos (principalmente), desta forma o CPA é o pavimento mais indicado no contexto.

5. CONCLUSÃO

De forma geral, a escolha de uma alternativa está associada a necessidade de suprir algum objetivo, seja pessoal ou profissional. No âmbito urbano, a escolha de uma pavimentação está atrelada à vários fatores que interferem na decisão do pavimento mais adequado. Este trabalho propõe definir uma pavimentação permeável para um bairro sustentável, esse contexto possui algumas peculiaridades que tornam o processo de decisão mais detalhado. Os aspectos ambientais são propriedades importantes para a escolha do tipo mais adequado.

Por meio da aplicação do método foi possível obter uma visão bastante abrangente acerca das necessidades e das propriedades que devem ser levadas em consideração para a escolha de um pavimento urbano, é notório que a diversificação dos atores contribui para melhor visualização das necessidades do contexto e a ordenação das prioridades de cada objetivo do ponto de vista do decisor.

A etapa de entrevista com os decisores foi fundamental para entender a subjetividade de cada um e assim perceber que dentro de um contexto de decisão as necessidades dos envolvidos são importantes para conseguir alcançar máximo de êxito. Com os dados fornecidos pelos entrevistados foi possível mensurar o nível de desempenho de cada pavimento associado aos objetivos de cada decisor e desta forma calcular os valores globais das alternativas para definir o pavimento mais adequado para o contexto em estudo, sendo este testado para verificar se realmente os resultados são robustos.

A partir do estudo foi possível compor os custos sintéticos dos pavimentos em estudo, dessa forma tendo uma visão ampla do custo de implantação e drenagem, como forma de facilitar o processo decisório e indicar uma alternativa correlacionada com o custo. O pavimento recomendado foi o CPA, este teve como principais influencias para a recomendação, os atributos *custo de implantação* por se tratar de uma alternativa com custo baixo em comparação com os demais pavimentos estudados, *conforto de rolamento* por proporcionar regular conforto de rolamento ao usuário e o *escoamento superficial*, salienta-se que a proposta das alternativas é para uma quadra sustentável em Palmas – TO que está sendo parcelada por um acadêmico de arquitetura e urbanismo do CEULP/ULBRA, onde esse contexto abrange muitas necessidades ambientalmente sustentáveis, o que reforça a recomendação do pavimento em questão, pois este proporciona atenuação dos picos de alagamentos, um dos problemas de infraestrutura urbana de Palmas.

É importante e se faz justificável utilizar o AMD, visto que a recomendação da alternativa é baseada nas necessidades dos atores envolvidos no contexto de decisão, o CPA é uma opção que atende aos parâmetros econômicos, pois possui custo relativamente baixo,

proporciona infiltração das águas pluviais, devido este possuir granulometria que favorece a atenuação dos alagamentos e propicia aos usuários conforto ao trafegar nas faixas de rolamento. Desta forma os parâmetros técnicos estabelecidos pelas normativas de pavimentos permeáveis são em suma atendidas, implicando em indicação de um pavimento drenante conforme as necessidades técnicas, ambientais e sociais. Em comparação com as demais alternativas o CPA proporciona melhor desempenho em relação aos outros pavimentos, conforme as necessidades e propriedades que o pavimento deve oferecer para a quadra sustentável.

O presente estudo pode ser utilizado como modelo e aplicado em outras realidades e necessidades na área de pavimentação e transportes.

REFERÊNCIAS

ABCP, Associação Brasileira de Cimento Portland – Soluções para cidades. **Projeto Técnico: Pavimento Permeável**. Disponível em: http://www.solucoesparacidades.com.br/wp-content/uploads/2013/10/AF_Pav%20Permeavel_web.pdf. Acesso em: 30 de abril 2020.

ALCÂNTARA, Izabela Cristina de Assumpção; FLORÊNCIO, Matheus Santana. **ANÁLISE DO TRAÇO DE CONCRETO PERMEÁVEL QUANTO A SUA RESISTÊNCIA À COMPRESSÃO E PERMEABILIDADE**. 2017. 26 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Civil, Faculdade Capixaba de Nova Venécia – Multivix, Nova Venécia, 2017.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). **NBR 9781: Peças de concreto para pavimentação – Especificação e métodos de ensaio**. 2 ed. Rio de Janeiro:2013. 21 p.

_____. **NBR 16416: Pavimentos permeáveis de concreto – Requisitos e procedimentos**. 1 ed. Rio de Janeiro:2015. 25 p.

_____. **NBR 13292: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos granulares à carga constante**. 1 ed. Rio de Janeiro: 1995. 8p.

_____. **NBR 14545: Solo – Determinação do coeficiente de permeabilidade de solos argilosos à carga variável**. 1 ed. Rio de Janeiro: 2000. 12p.

BAPTISTA, M.; NASCIMENTO, N.; BARRAUD, S. **Técnicas Compensatórias em Drenagem Urbana**. 2. ed. Porto Alegre: ABRH, 2015. 318p.

BERNUCCI, Liedi Bariani et al. **Pavimentação asfáltica: formação básica para engenheiros**. Rio de Janeiro: Petrobras, Abeda, 2006. 504 p.

BRASIL. DEPARTAMENTO NACIONAL DE INFRA-ESTRUTURA DE TRANSPORTES. DIRETORIA DE PLANEJAMENTO E PESQUISA. COORDENAÇÃO GERAL DE ESTUDOS E PESQUISA. INSTITUTO DE PESQUISAS RODOVIÁRIAS. **MANUAL DE PAVIMENTAÇÃO**. 3. ed. Rio de Janeiro: DNIT, 2006. 719 p.

CARMO, P. F. B. D., **MODELOS E TÉCNICAS DE TOMADA DE DECISÃO EM ANÁLISE MULTICRITÉRIO: APLICAÇÕES EM AVALIAÇÕES DE IMÓVEIS**. In: XIX COBREAP - Congresso Brasileiro de Engenharia de Avaliações e Perícias, 2017, Foz do Iguaçu. XIX COBREAP, 2017. v. 1. p. 1-38.

CARVALHO, Cátia Filipa Galinho. **Estudo de pavimentos permeáveis em zonas urbanas Avaliação da sua eficiência na redução do escoamento superficial**. 2015. 103 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade da Beira Interior, Covilhã, 2015.

DELOSPITAL, Fábio Rossetti. **APLICAÇÃO DO AUXÍLIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO AO PROJETO DE TRAVESSIA ENTRE SANTOS E GUARUJÁ**. 2016. 234 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Civil, Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Civil, Arquitetura e Urbanismo, Campinas, 2016.

DELOSPITAL, F. R.; DANDREA, A. F.; GALVES, M. L.. Aplicação do Auxílio Multicritério à Decisão ao projeto de travessia entre Santos e Guarujá. In: XXVII Anpet - Congresso de Pesquisa e Ensino em Transportes, 2013, Belém. XXVII Anpet, 2013. v. 1. p. 1-12.

DINIZ, E. (1980). Porous Pavement. Phase I. Design and Operational Criteria. Municipal environmental Research Laboratory. USA.

DODGSON, J. S et al. **Multi-criteria analysis: a manual.** London: Communities And Local Government, 2009.

ENSSLIN, L.; NETO, G. M.r; NORONHA, S. M. **Apoio à decisão: metodologias para estruturação de problemas e avaliação multicritério de alternativas.** Insular, 2001.

ENSSLIN, L. et al. Modelo multicritério de apoio à decisão construtivista no processo de avaliação de fornecedores. *Produção*, v. 23, n. 2, p. 402-421, abr/jun 2013.

FERREIRA, J. M. A. I. **Pavimentos em espaços públicos urbanos: Contribuição para a análise e concepção de soluções.** 113 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia do Território, Instituto Superior Técnico, Universidade Técnica de Lisboa, Lisboa, 2007. Disponível em: <<https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395137463234/Dissertacao.pdf>>. Acesso em: 02 set.2020.

GIL, Antônio Carlos. **Como elaborar projetos de pesquisa.** 4. ed. São Paulo: Atlas, 2002.

GOMES, L.F. A. M.; GOMES, C.F. S; ALMEIDA A. T. **Tomada de decisão gerencial: enfoque multicritério.** São Paulo: Atlas, 2002.

GOOGLE (org.). **GOOGLE MAPS.** Disponível em: <https://www.google.com.br/maps/>. Acesso em: 10 maio 2020.

GUIMARÃES, Roberto Pereira. Desafios na Construção de Indicadores de Sustentabilidade. **Ambiente & Sociedade**, Rio de Janeiro, v. 12, n. 2, p.307-323, jul. 2019.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA, 2018. **Desastres naturais: 59,4% dos municípios não têm plano de gestão de riscos.** Rio de Janeiro: IBGE.

IOANNIDOU, Vasiliki G.; ARTHUR, Scott. Experimental results of the hydrological performance of a permeable pavement laboratory rig. **Journal Of Water Supply: Research And Technology-aqua.** London, p. 1-15. 15 abr. 2020. Disponível em: <https://doi.org/10.2166/aqua.2020.118>. Acesso em: 06 de maio 2020.

JESUS, Douglas Neves de. **Proposta de uma Quadra Sustentável para a Cidade de Palmas - TO.** 2020. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) – Curso de Arquitetura e Urbanismo, Centro Universitário Luterano de Palmas, Palmas/TO, 2020.

KEENEY, Ralph L. **Value-focused thinking: A path to creative decisionmaking.** Harvard University Press, 1992.

LEITE, Carlos; AWAD, Juliana di Cesare Marques. **Cidades Sustentáveis, Cidades Inteligentes: desenvolvimento sustentável num planeta urbano.** Desenvolvimento sustentável num planeta urbano. Porto Alegre: Bookman, 2012. 264 p.

LIU, Chun Yan; CHUI, Ting Fong May. Factors Influencing Stormwater Mitigation in Permeable Pavement. **Water.** Hong Kong, p. 988-997. 18 dez. 2017. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2073-4441/9/12/988#cite>. Acesso em: 06 de maio 2020.

LOSS, Camila Fávero. **APLICAÇÃO DO MÉTODO DE APOIO MULTICRITÉRIO À DECISÃO NA ESCOLHA DE PAVIMENTOS URBANOS: ESTUDO DE CASO EM SÃO CARLOS/SP**. 2018. 131 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Urbana, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2018.

MACEDO NETO, Raul Xavier de. **Temperatura da superfície nos materiais de pavimentação: uma contribuição ao desenvolvimento urbano**. 2016. 159 f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-graduação em Desenvolvimento Urbano, Departamento de Arquitetura e Urbanismo, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2016.

MAHDI, Layth Abdulrasool; AL-JAMEEL, Hamid Athab Eedan. Prospect of Using Permeable Pavement in Some Regions of Najaf Region. **Journal Of University Of Babylon**. Kufa, p. 265-278. 25 set. 2018.

MASCARÓ, Juan Luis (org.). **Sustentabilidade em urbanizações de pequeno porte**. Porto Alegre: Masquatro Editora, 2010. 165 p.

MC-MÁQUINAS. **PISOS INTERTRAVADOS DE CONCRETO**. 2016. Disponível em: <https://mcmaquinas.ind.br/formas-para-pisos-intertravados/>. Acesso em: 30 abr. 2020.

Osborne, Collins, S., Ratcliffe, M., Millar, R., & Duschl, R. (2003). **What “Ideas-about-Science” should be taught in school science?** A Delphi study of the expert community. *Journal of Research in science teaching*, 40 (7), 692-720.

PARATY TURISMO E ECOLOGIA (Brasil) (org.). **Caminho do Ouro**. Disponível em: <http://www.paraty.com.br/caminho.asp>. Acesso em: 07 abr. 2020.

PAVE SHARE (org.). **Permeable Design: Sizing**. 2012. Disponível em: <http://www.paveshare.org/library/picp-design-sizing>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SANTOS, Edivaldo Alves dos. **INFLUÊNCIA DO USO DO SOLO NO REGIME HIDROLÓGICO DA BACIA DO RIO LONTRA**. 2010. 83 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2010.

SÃO PAULO. Prefeitura Municipal. Tabelas de custos Pref. São Paulo, de janeiro de 2020. **Institui a Tabela de Custo de Infraestrutura**. Portaria N° 027/SIURB G/2019. Disponível em:

<https://www.prefeitura.sp.gov.br/cidade/secretarias/obras/tabelas_de_custos/index.php?p=288573#Tabela_de_custos>. Acesso em: 10 set 2020.

SUA CASA SEM SEGREDOS (org.). **Tipos de paginação**. 2015. Disponível em: <http://suacasasemsegredos.com/wp-content/uploads/2015/05/paginação-tipos.jpg>. Acesso em: 30 abr. 2020.

SENÇO, Wlastermiler de. **Manual de técnicas de pavimentação**. 2. ed. São Paulo: Pini, 2007. 779 p.

TUCCI, C.E.M. **Efeito do uso do solo: desmatamento**. Disponível em: <<http://blog.rhama.net>>. Acesso em: 27 mai. 2020.

VASCONCELLOS, Andréa. **Infraestrutura verde: aplicada ao planejamento da ocupação urbana**. Curitiba: Appris, 2015. 229 p.

VIRGILIIS, Afonso Luís Corrêa de. **PROCEDIMENTO DE PROJETO E EXECUÇÃO DE PAVIMENTOS PERMEÁVEIS VISANDO RETENÇÃO E AMORTECIMENTO DE PICOS DE CHEIAS**. 2009. 213 f. Dissertação (Doutorado) - Curso de Engenharia, Escola Politécnica Da Universidade de São Paulo, São Paulo, 2009.

APÊNDICES

APÊNDICE A – COMPOSIÇÃO DE CUSTOS E MEMORIAL DE CÁLCULO

Quadro 33 - Planilha orçamentária sintética PPC Porosas

				Bancos			B.D.I.
				SINAPI - 08/2020 - Tocantins			0,0%
				TABELAS DE CUSTOS PREF.			
				SÃO PAULO - 01/2020			
Planilha Orçamentária Sintética				Und	Quant.	Valor Unit	Total
Item	Código	Banco	Descrição				
1			PAVIMENTAÇÃO				1.338,55
1.1			PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO POROSO				1.135,94
1.1.1	100576	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	m ²	8,1	1,32	10,69
1.1.3	67001	INFRA SÃO PAULO	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	20,16	163,30
1.1.5	73766/001	SINAPI	BASE PARA PAVIMENTAÇÃO COM MACADAME HIDRAULICO, INCLUSIVE COMPACTAÇÃO	m ³	0,81	128,87	104,38
1.1.6	96396	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES	m ³	0,81	109,83	88,96
1.1.7	59102	INFRA SÃO PAULO	PAVIMENTOS PERMEÁVEIS - PERFIL PARA ESTACIONAMENTO DE VEÍCULOS LEVES COM PISOS DE CONCRETO PRÉ-MOLDADO INTERTRAVADO DRENANTE COM INFILTRAÇÃO TOTAL	m ²	8,1	94,89	768,61
1.2			DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE				202,61
1.2.1	94265	SINAPI	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	29,15	29,15
1.2.2	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	35,70	35,70
1.2.3	95570	SINAPI	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM	M	2	68,88	137,76
					Total		1.338,55
					Valor por m²		191,22

Fonte: Autor (2020).

Quadro 34 - Memória de cálculo composição de custos PPC Porosas

PAVIMENTO

PAVIMENTO INTERTRAVADO COM PPC POROSAS

Memória de Cálculo

Item	Descrição	Und	Quant.	Memória de Cálculo
1	PAVIMENTAÇÃO			
1.1	PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO POROSO			
1.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	Largura de pista de rolamento = 7,00 m Largura da sarjeta = 0,40 m Espessura da base do meio fio = 0,15 m Área para regularização e compactação do subleito Considerando a largura da capa asfáltica + sarjeta + meio-fio, têm-se: 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.1.3	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.1.5	BASE PARA PAVIMENTAÇÃO COM MACADAME HIDRAULICO, INCLUSIVE COMPACTAÇÃO	m ³	0,81	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) + 0,10 (espessura) = 0,81 m ²
1.1.6	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES	m ³	0,81	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) + 0,10 (espessura) = 0,81 m ²
1.1.7	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO SEXTAVADO DE 25 X 25 CM, ESPESSURA 10 CM. AF_12/2015	m ²	7,0	= 1,00 (extensão) * 7,0 (largura) = 7,00 m ²

1.2	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE			
1.2.1	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.2	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.3	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m

Fonte: Autor (2020).

Quadro 35 - Planilha orçamentária sintética PPC com juntas drenantes

PAVIMENTO**PAVIMENTO INTERTRAVADO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO JUNTAS DRENANTES****Bancos**

SINAPI - 08/2020 - Tocantins
TABELAS DE CUSTOS
PREF. SÃO PAULO -
01/2020

B.D.I.

0,0%

Planilha Orçamentária Sintética

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			PAVIMENTAÇÃO				1.149,23
1.1			PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO POROSO				946,62
1.1.1	100576	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	1,32	10,69
1.1.3	67001	INFRA SÃO PAULO	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	20,16	163,30
1.1.4	94115	SINAPI	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO	m ³	0,81	115,60	93,63
1.1.5	73766/001	SINAPI	BASE PARA PAVIMENTAÇÃO COM MACADAME HIDRAULICO	m ³	0,81	128,87	104,38
1.1.6	96396	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES -	m ³	0,81	109,83	88,96
1.1.8	101171	SINAPI	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PEDRAS POLIÉDRICAS, REJUNTAMENTO COM PEDRISCO E EMULSÃO ASFÁLTICA.	m ²	7	69,38	485,66
1.2			DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE				202,61
1.2.1	94265	SINAPI	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	29,15	29,15
1.2.2	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	35,70	35,70
1.2.3	95570	SINAPI	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM,	M	2	68,88	137,76

Total **1.149,23****Valor por m²** **164,18**

Fonte: Autor (2020).

Quadro 36 - Memória de cálculo composição de custos PPC com juntas drenantes

PAVIMENTO**001_PAVIMENTO INTERTRAVADO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO JUNTAS DRENANTES****Memória de Cálculo**

Item	Descrição	Und	Quant.	Memória de Cálculo
1	PAVIMENTAÇÃO			
1.1	PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO POROSO			
1.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	Largura de pista de rolamento = 7,00 m Largura da sarjeta = 0,40 m Espessura da base do meio fio = 0,15 m
1.1.3	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) + 0,15 (espessura) = 8,10 m ²
1.1.4	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE AREIA	m ³	0,81	= 8,10 (largura) * 0,10 = 0,81 m ²
1.1.5	BASE PARA PAVIMENTAÇÃO COM MACADAME HIDRAULICO, INCLUSIVE COMPACTAÇÃO	m ³	0,81	= 8,10 (largura) * 0,10 = 0,81 m ²
1.1.6	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m ³	0,81	= 8,10 (largura) * 0,10 = 0,81 m ²
1.1.8	EXECUÇÃO DE PAVIMENTO EM PEDRAS POLIÉDRICAS, REJUNTAMENTO COM PEDRISCO E EMULSÃO ASFÁLTICA. AF_05/2020_P	m ²	7,0	= 1,00 (extensão) * 7,00 (largura) = 7,00 m ²
1.2	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE			
1.2.1	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.2	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.3	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m

Fonte: Autor (2020).

Quadro 37 - Planilha orçamentária sintética PPC

PAVIMENTO**Bancos****B.D.I.****PAVIMENTO INTERTRAVADO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO (PPC)**

SINAPI - 08/2020 - 0,0%

Tocantins

TABELAS DE CUSTOS

PREF. SÃO PAULO -

01/2020

Planilha Orçamentária Sintética

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			PAVIMENTAÇÃO				898,30
1.1			PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO				695,69
1.1.1	100576	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	m ²	8,1	1,32	10,69
1.1.2	100572	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB-BASE	m ³	1,215	66,82	81,18
1.1.3	92407	SINAPI	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO 16 FACES DE 22 X 11 CM, ESPESSURA 10 CM	m ²	7	86,26	603,82
1.2			DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE				202,61
1.2.1	94265	SINAPI	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	29,15	29,15
1.2.2	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	35,70	35,70
1.2.3	95570	SINAPI	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2	68,88	137,76

Total**898,30****Total/m²****128,33**

Fonte: Autor (2020).

Quadro 38 - Memória de cálculo composição de custos PPC

Item	Descrição	Und	Quant.	Memória de Cálculo
1	PAVIMENTAÇÃO			
1.1	PAVIMENTO COM PEÇAS PRÉ-MOLDADAS DE CONCRETO			
1.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	Largura de pista de rolamento = 7,00 m Largura da sarjeta = 0,40 m Espessura da base do meio fio = 0,15 m Área para regularização e compactação do subleito Considerando a largura da capa asfáltica + sarjeta + meio-fio, têm-se: 1,00 (extensão) + 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.1.2	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB-BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE SOLO (PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO) BRITA - 40/60 - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m ³	1,215	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) + 0,15 (espessura) = 1,215 m ²
1.1.3	EXECUÇÃO DE VIA EM PISO INTERTRAVADO, COM BLOCO 16 FACES DE 22 X 11 CM, ESPESSURA 10 CM. AF_12/2015	m ²	7,0	= 1,00 (extensão) + 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.2	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE			
1.2.1	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.2	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.3	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m

Fonte: Autor (2020).

Quadro 39 - Planilha orçamentária sintética pavimento em concreto permeável

PAVIMENTO**PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO PERMEÁVEL****Bancos**

SINAPI - 08/2020 - Tocantins
TABELAS DE CUSTOS PREF.
SÃO PAULO - 01/2020

B.D.I.

0,0%

Planilha Orçamentária Sintética

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			PAVIMENTAÇÃO				1.046,95
1.1			PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO PERMEÁVEL				844,34
1.1.1	100576	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO	m ²	8,1	1,32	10,69
1.1.3	67001	INFRA SÃO PAULO	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	20,16	163,30
1.1.4	94115	SINAPI	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE AREIA,	m ³	0,81	115,60	93,63
1.1.5	96396	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES	m ³	0,81	109,83	88,96
1.1.6	0	PRÓPRIA	EXECUÇÃO DE PASSEIO OU PISO DE CONCRETO POROSO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 10 CM.	m ²	7	69,68	487,76
1.2			DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE				202,61
1.2.1	94265	SINAPI	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	29,15	29,15
1.2.2	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	35,70	35,70
1.2.3	95570	SINAPI	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2	68,88	137,76

Total**1.046,95****Valor por m²****149,56**

Fonte: Autor (2020).

Quadro 40 - Memória de cálculo composição de pavimento de concreto permeável

PAVIMENTO
PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO PERMEÁVEL
Memória de Cálculo

Item	Descrição	Und	Quant.	Memória de Cálculo
1	PAVIMENTAÇÃO			
1.1	PAVIMENTAÇÃO COM CONCRETO PERMEÁVEL			
1.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	Largura de pista de rolamento = 7,00 m Largura da sarjeta = 0,40 m Espessura da base do meio fio = 0,15 m Área para regularização e compactação do subleito 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.1.3	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.1.4	LASTRO COM PREPARO DE FUNDO, LARGURA MAIOR OU IGUAL A 1,5 M, COM CAMADA DE AREIA, LANÇAMENTO MECANIZADO	m ³	0,81	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) * 0,10 (espessura) = 0,81 m ³
1.1.5	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES	m ³	0,81	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) * 0,10 (espessura) = 0,81 m ³
1.1.6	EXECUÇÃO DE PASSEIO OU PISO DE CONCRETO POROSO COM CONCRETO MOLDADO IN LOCO, USINADO, ACABAMENTO CONVENCIONAL, ESPESSURA 10 CM.	m ²	7,0	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ²
1.2	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE			
1.2.1	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.2	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.3	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2,0	0

Fonte: Autor (2020).

Quadro 41 - Planilha orçamentária sintética pavimento com camada porosa de atrito

PAVIMENTO**CAMADA POROSA DE ATRITO****Bancos****B.D.I.**

SINAPI - 08/2020 - 0,0%

Tocantins

TABELAS DE CUSTOS

PREF. SÃO PAULO -

01/2020

Planilha Orçamentária Sintética

Item	Código	Banco	Descrição	Und	Quant.	Valor Unit	Total
1			CAMADA POROSA DE ATRITO				926,61
1.1			CAMADA POROSA DE ATRITO				724,00
1.1.1	100576	SINAPI	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	1,32	10,69
1.1.2	100572	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB-BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE SOLO (PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO) BRITA - 40/60 - EXCLUSIVE SOLO, ESCAVAÇÃO, CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m ³	1,215	66,82	81,18
1.1.3	67001	INFRA SÃO PAULO	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	20,16	163,30
1.1.4	100322	SINAPI	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.3), APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_07/2019	m ³	0,81	95,27	77,16
1.1.5	96396	SINAPI	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES - EXCLUSIVE CARGA E TRANSPORTE. AF_11/2019	m ³	0,81	109,83	88,96
1.1.6	96401	SINAPI	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30. AF_11/2019	m ²	8,1	6,83	55,32
1.1.7	05-95-00	INFRA SÃO PAULO	REVESTIMENTO DE MISTURA ASFÁLTICA TIPO CPA COM BORRACHA (SEM TRANSPORTE)	m ³	0,324	763,57	247,40
1.2			DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE				202,61
1.2.1	94265	SINAPI	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	29,15	29,15
1.2.2	94288	SINAPI	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1	35,70	35,70

1.2.3	95570	SINAPI	TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE ÁGUAS PLUVIAIS, M DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA, INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS - FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015	M	2	68,88	137,76
						Total	926,61
						Valor por m²	132,37

Fonte: Autor (2020).

Quadro 42 - Memória de cálculo composição de custos camada porosa de atrito

PAVIMENTO
CAMADA POROSA DE ATRITO

Memória de Cálculo

Item	Descrição	Und	Quant.	Memória de Cálculo
1	CAMADA POROSA DE ATRITO			
1.1	CAMADA POROSA DE ATRITO			
1.1.1	REGULARIZAÇÃO E COMPACTAÇÃO DE SUBLEITO DE SOLO PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO. AF_11/2019	m ²	8,1	Largura de pista de rolamento = 7,00 m Largura da sarjeta = 0,40 m Espessura da base do meio fio = 0,15 m Área para regularização e compactação do subleito Considerando a largura da capa asfáltica + sarjeta + meio-fio, têm-se: 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) = 8,10 m ² = 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) * 0,15 (espessura) = 1,215 m ²
1.1.2	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB-BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE SOLO (PREDOMINANTEMENTE ARGILOSO) BRITA - 40/60	m ³	1,215	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) * 0,15 (espessura) = 1,215 m ²
1.1.3	FORNECIMENTO E APLICAÇÃO DE GEOMEMBRANA DE PEAD - 1MM DE ESPESSURA	m ²	8,1	= 8,10 cm (largura) * 0,10 cm (largura) = 8,10 m ²
1.1.4	LASTRO COM MATERIAL GRANULAR (PEDRA BRITADA N.3), APLICADO EM PISOS OU RADIERS, ESPESSURA DE *10 CM*. AF_07/2019	m ³	0,81	= 8,10 (largura) * 0,10 = 0,81 m ²
1.1.5	EXECUÇÃO E COMPACTAÇÃO DE BASE E OU SUB BASE PARA PAVIMENTAÇÃO DE BRITA GRADUADA SIMPLES	m ³	0,81	= 1,00 (extensão) * 8,10 (largura) * 0,10 = 0,81 m ²
1.1.6	EXECUÇÃO DE IMPRIMAÇÃO COM ASFALTO DILUÍDO CM-30. AF_11/2019	m ²	8,1	= 8,10 m (largura) * 1,00 m (comprimento)
1.1.7	REVESTIMENTO DE MISTURA ASFÁLTICA TIPO CPA COM BORRACHA (SEM TRANSPORTE)	m ³	0,324	= 8,10 m (largura) * 0,04 m (espessura)
1.2	DRENAGEM E OBRAS DE ARTE CORRENTE			
1.2.1	GUIA (MEIO-FIO) CONCRETO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO RETO COM EXTRUSORA, 15 CM BASE X 30 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
1.2.2	EXECUÇÃO DE SARJETA DE CONCRETO USINADO, MOLDADA IN LOCO EM TRECHO CURVO, 30 CM BASE X 10 CM ALTURA. AF_06/2016	M	1,0	= Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m

1.2.3 TUBO DE CONCRETO (SIMPLES) PARA REDES COLETORAS DE M 2,0 = Comprimento da faixa de rolamento = 1,00 m
ÁGUAS PLUVIAIS, DIÂMETRO DE 300 MM, JUNTA RÍGIDA,
INSTALADO EM LOCAL COM ALTO NÍVEL DE INTERFERÊNCIAS -
FORNECIMENTO E ASSENTAMENTO. AF_12/2015

Fonte: Autor (2020).