UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO
CENTRO ACADÊMICO DO AGRESTE
NÚCLEO DE TECNOLOGIA
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO

ANTONIO MARCOS DE LIMA

APOIO MULTICRITÉRIO PARA INSTALAÇÕES DE FACILIDADES POLICIAIS AO REDOR DOS ESTÁDIOS EM RECIFE COM BASE NA ANÁLISE DE CLUSTER

CARUARU

2023

ANTONIO MARCOS DE LIMA

APOIO MULTICRITÉRIO PARA INSTALAÇÕES DE FACILIDADES POLICIAIS AO REDOR DOS ESTÁDIOS EM RECIFE COM BASE NA ANÁLISE DE CLUSTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia De Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia De Produção.

Área de concentração: Pesquisa operacional.

Orientador: Prof. Dr. Isaac Pergher

Coorientador: Prof. Dr. Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno

CARUARU

2023

Ficha de identificação da obra elaborada pelo autor, através do programa de geração automática do SIB/UFPE

Lima, Antonio Marcos De.
Apoio multicritério para instalações de facilidades policiais ao redor dos estádios em recife com base na análise de cluster. / Antonio Marcos De Lima. - Caruaru, 2023.
76p : il., tab.

Orientador(a): Isaac Pergher
Cooorientador(a): Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Federal de Pernambuco, Centro Acadêmico do Agreste, Engenharia de Produção, 2023.
Inclui referências, apêndices.

1. Localização de facilidades. 2. Segurança pública. 3. Violência ao redor dos estádios. I. Pergher, Isaac . (Orientação). II.Nepomuceno, Thyago Celso Cavalcante. (Coorientação). IV. Título.

620 CDD (22.ed.)

ANTONIO MARCOS DE LIMA

APOIO MULTICRITÉRIO PARA INSTALAÇÕES DE FACILIDADES POLICIAIS AO REDOR DOS ESTÁDIOS EM RECIFE COM BASE NA ANÁLISE DE CLUSTER

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à Coordenação do Curso de Engenharia De Produção do Campus Agreste da Universidade Federal de Pernambuco – UFPE, na modalidade de monografia, como requisito parcial para a obtenção do grau de bacharel em Engenharia De Produção.

Aprovada em: 29/08/2023

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Isaac Pergher (Orientador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

_____

Prof. Dr. Lucimário Gois de Oliveira Silva (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

_____

Prof. Dr. Walton Pereira Coutinho (Examinador)

Universidade Federal de Pernambuco – UFPE

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, pois sem ele nada do que existe existiria. Também o agradeço por permitir ter chegado até aqui me dando forças e ajuda necessária para vencer os obstáculos.

Agradeço a meus pais, Severino Valentim De Lima e Maria Edleusa de Matos Lima que me apoiaram em todos os momentos das mais diversas formas. Também agradeço ao meu irmão João Paulo De Lima a quem sempre pude contar. Em especial agradeço a minha tia Betânia Jorge De Matos por tudo que ela ajudou nesses anos.

Agradeço aos professores que conheci nessa jornada. Em especial meu orientador e coorientador Isaac Pergher e Thyago Celso Cavalcante Nepomuceno .

RESUMO

Durante dias de jogos de futebol a emoção das torcidas pode muitas vezes gerar comportamentos agressivos. Levados pela emoção, às vezes algumas pessoas podem ser levadas a ultrapassar limites inaceitáveis, resultando em uma série de incidentes lamentáveis que variam desde roubos até agressões físicas e danos ao patrimônio entre outros. Em Recife essa triste situação se repete como em muitos outros lugares do mundo. Assim, a necessidade de manter um nível adequado de segurança nos arredores dos estádios durante os dias de jogos de futebol é um fator importante para garantir não apenas a tranquilidade das comunidades locais, mas também para preservar a integridade do próprio evento esportivo e a reputação das torcidas envolvidas. Contudo, para que as forças de segurança possam agir com mais eficácia é necessário que estejam em locais estratégicos. Definir tais locais é um desafio que envolve muitos fatores. Esse é um Problema de Localização de Facilidades (PLF) que nesse trabalho foi abordado através de uma abordagem híbrida utilizando as ferramentas PROMETHEE e *K-means*. A partir dos dados de Crimes Violentos Patrimoniais (CVP) georreferenciados o método *K-means* pode gerar vários pontos candidatos a instalar facilidades policiais a partir da clusterização das ocorrências ao redor dos 3 principais estádios de Recife. Como cada quantidade de facilidades gera uma diferente configuração de possíveis locais para instalação de facilidades, essas são consideradas alternativas que por sua vez através do método PROMETHEE são ranqueadas a partir da ordem de preferência do decisor. O estudo mostrou que a maioria das possíveis ordens de preferência que o decisor pode ter, geram alocações insuficientes ou muito numerosas. Contudo há ordens de preferência que geram resultados equilibrados, assim podendo ser usados por órgãos públicos para melhorar a eficiência das forças policiais.

Palavras-chave: PROMETHEE; *K-Means*; Problema de Localização de Facilidades; Violência.

ABSTRACT

During football game days, the excitement of fans can often lead to aggressive behavior. Driven by emotions, occasionally some individuals may exceed acceptable limits, resulting in a series of regrettable incidents, including robberies, physical attacks, and property damage, among others. This unfortunate situation is not unique to Recife but is observed in many other places around the world. Therefore, the need to maintain an adequate level of security around stadiums during football match days is crucial. It plays a significant role in ensuring not only the tranquility of local communities but also in preserving the integrity of the sporting event itself and the reputation of the fans involved. However, for security forces to operate more effectively, they must be strategically positioned. Defining such locations is a complex challenge that involves multiple factors. This is known as a Facility Location Problem (FLP), which we addressed in this study using a hybrid approach combining the PROMETHEE and *K-means* tools. By utilizing georeferenced Violent Property Crime (CVP) data, the *K-means* method can identify several potential points for installing police facilities based on the clustering of incidents around the three main stadiums in Recife. Since the number of facilities can lead to different configurations of potential locations, these are considered alternatives. Subsequently, through the PROMETHEE method, these alternatives are ranked according to the decision maker's order of preference. The study revealed that many possible preference orders that the decision maker may have result in either insufficient or excessively numerous allocations. However, there are certain preference orders that yield balanced results. These balanced results can be utilized by public bodies to enhance the efficiency of police forces.

Keywords: PROMETHEE; *K-Means*; *Facility Location Problem*; Violence.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1-	Etapas do projeto.	24
Figura 2-	Mapa dos casos de CVP no município de Recife.	25
Figura 3-	Mapa dos casos de CVP dentro da área de estudo	26
Figura 4-	Centro responsável por atender duas margens do rio	31
Figura 5-	Centro alocado no meio do rio.	32
Figura 6-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio aflitos com 7 centros	65
Figura 7-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio aflitos com 11 centros	66
Figura 8-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio arruda com 8 centros	66
Figura 9-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio arruda com 6 centros	67
Figura 10-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 7 centros	68
Figura 11-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 10 centros	69
Figura 12-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 6 centros	70
Figura 13-	Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 11 centros	71

LISTA DE TABELAS

Tabela 1-	Proporção dos tipos de CVP em cada estádio	26
Tabela 2-	Alternativas abordadas no estudo.	29
Tabela 3-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 1	39
Tabela 4-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 2	40
Tabela 5-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 3	41
Tabela 6-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 4	42
Tabela 7-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 5	43
Tabela 8-	Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 6	44
Tabela 9-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 1	45
Tabela 10-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 2	46
Tabela 11-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 3	47
Tabela 12-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 4	48
Tabela 13-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 5	49
Tabela 14-	Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 6	50
Tabela 15-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 1	51
Tabela 16-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 2	52
Tabela 17-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 3	53
Tabela 18-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 4	54
Tabela 19-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 5	55
Tabela 20-	Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 6	56
Tabela 21-	Distâncias do centróide aos CVP no estádio Aflitos.	74
Tabela 22-	Distâncias do centróide aos CVP no estádio Ilha do Retiro.	75
Tabela 23-	Distâncias do centróide aos CVP no estádio Arruda.	76

LISTA DE QUADROS

Quadro 1-	Funções de preferência	22
Quadro 2-	Pesos do método ROC em função do número de critérios	23
Quadro 3-	Pesos dos critérios para cada cenário	28
Quadro 4-	Melhores alternativas em função do fluxo	30
Quadro 5-	Coordenadas dos 7 centros no estádio Aflitos	57
Quadro 6-	Coordenadas dos 11 centros no estádio Aflitos.	58
Quadro 7-	Coordenadas dos 8 centros no estádio Arruda.	59
Quadro 8-	Coordenadas dos 6 centros no estádio Arruda	60
Quadro 9-	Coordenadas dos 7 centros no estádio ilha do Retiro	61
Quadro 10-	Coordenadas dos 10 centros no estádio ilha do Retiro	62
Quadro 11-	Coordenadas dos 11 centros no estádio ilha do Retiro	63
Quadro 12-	Coordenadas dos 6 centros no estádio ilha do Retiro	64
Quadro 13-	Dias e locais dos jogos	72

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO 13

1.1 OBJETIVOS 14

1.1.1 Geral 14

1.1.2 Específicos 14

1.2 JUSTIFICATIVA 14

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA 16

2.1 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES 16

2.1.1 Segurança pública e PLF 17

2.2 K-MEANS 17

2.3 PROMETHEE 18

2.3.1 Funções de preferência. 21

2.4 *RANK ORDER CENTROID WEIGHTED* (ROC) 22

3 METODOLOGIA 24

3.1 ETAPAS DA PESQUISA 24

3.2 DIAS DE JOGOS 24

3.3 OCORRÊNCIAS POLICIAIS 25

3.3.1 Filtragem das ocorrências 26

3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO K-*MEAN*S. 27

3.5 APLICAÇÃO DO PROMETHEE 28

4 RESULTADOS 29

4.1 ANÁLISE DE CLUSTERS 29

4.2 RANKING DAS ALTERNATIVAS 30

4.3 VALIDAÇÃO DAS LOCALIZAÇÕES 31

5 CONCLUSÕES 33

REFERÊNCIAS 34

APÊNDICE A- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 1 39

APÊNDICE B- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 2 40

APÊNDICE C- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 3 41

APÊNDICE D- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 4 42

APÊNDICE E- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 5 43

APÊNDICE F- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 6 44

APÊNDICE G- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 1 45

APÊNDICE H- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 2 46

APÊNDICE I- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 3 47

APÊNDICE J- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 4 48

APÊNDICE K- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 5 49

APÊNDICE L- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 6 50

APÊNDICE M- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 1 51

APÊNDICE N- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 2 52

APÊNDICE O- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 3 53

APÊNDICE P- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 4 54

APÊNDICE Q- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 5.....55

APÊNDICE R- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 6.....56

APÊNDICE S- COORDENADAS DOS 7 CENTROS NO ESTÁDIO AFLITOS.....57

APÊNDICE T- COORDENADAS DOS 11 CENTROS NO ESTÁDIO AFLITOS.....58

APÊNDICE U- COORDENADAS DOS 8 CENTROS NO ESTÁDIO ARRUDA.....59

APÊNDICE V- COORDENADAS DOS 6 CENTROS NO ESTÁDIO ARRUDA.....60

APÊNDICE W- COORDENADAS DOS 7 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO.....61

APÊNDICE X- COORDENADAS DOS 10 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO.....62

APÊNDICE Y- COORDENADAS DOS 11 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO.....63

APÊNDICE Z- COORDENADAS DOS 6 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO.....64

APÊNDICE AA – VISUALIZAÇÃO DOS MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE CENTRÓIDES......65

APÊNDICE AB – DIAS E LOCAIS DOS JOGOS......72

APÊNDICE AC – DISTÂNCIAS DOS CENTRÓIDES AOS CVP NOS ESTÁDIOS......74

1 INTRODUÇÃO

O futebol é um esporte que reúne pessoas de diferentes aspectos sociais, econômicos e culturais. É considerado uma metáfora da sociedade, representando uma síntese de múltiplas determinações objetivas e subjetivas (MURAD,2007). Contudo esse agregado de pessoas e paixões trazem malefícios, a violência nos estádios e seus arredores é um problema sério em muitos países ao redor do mundo, uma vez que brigas entre as torcidas, acontece recorrentemente em muitos países (PALHARES et al.,2012). As áreas próximas aos locais de eventos esportivos costumam ser palco de conflitos entre torcedores rivais, além de situações de vandalismo, roubo e outras formas de violência.

A paixão pelo futebol aliada ao fanatismo pode gerar comportamentos agressivos (DO AMARAL, 2017). A rivalidade entre torcidas, a pressão exercida pelos clubes e o uso de drogas são alguns dos fatores que contribuem para essa situação. A falta de senso de coletividade, juntamente com fatores sociais, econômicos e socioculturais, tem contribuído para o surgimento de grupos violentos conhecidos como 'torcidas organizadas', exacerbando a situação, como destacado por Pimenta (2000).

Isso é algo que acontece no Brasil e em muitos lugares do mundo com diferentes peculiaridades. Para amenizar essa situação medidas de segurança têm sido adotadas pelos governos e pelos próprios clubes. Em Pernambuco o Programa pacto pela vida é um exemplo disso, além da criação de leis mais rigorosas e o investimento em tecnologia e equipes especializadas em segurança. Apesar dos esforços empreendidos, a violência nos estádios e áreas circundantes persiste como um problema relevante que requer atenção contínua. Nesse sentido, é importante buscar abordagens mais eficazes para enfrentar essa isso, dada a seriedade do problema em questão.

Como apontado por Silva (2020) algumas questões fundamentais surgem ao considerar a alocação de facilidades, tais como a quantidade a ser alocada, localização, entre outras. A localização adequada de unidades policiais pode ser um fator importante para a prevenção e redução da violência ao redor de estádios. Quando há uma unidade policial próxima ao estádio, a polícia pode agir mais rapidamente em caso de conflitos ou atos de violência. Isso pode ajudar a garantir a segurança dos torcedores e dos moradores das áreas próximas ao estádio. Além

disso, a presença policial pode ter um efeito dissuasório sobre os potenciais infratores, reduzindo o risco de violência.

Esse trabalho busca identificar locais estratégicos para instalação de facilidades policiais considerando um método híbrido de análise espacial e multicritério usando os métodos *k-means* e PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*). Nesse trabalho é considerada uma facilidade policial uma viatura com até 4 policiais a fim de dar respostas mais eficientes e rápidas às demandas que possam surgir.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Geral

- Propor um método híbrido utilizando as ferramentas PROMETHEE e *K-means* com intuito de identificar possíveis locais estratégicos para instalação de uma quantidade de facilidades policiais;

1.1.2 Específicos

- Coletar dados;
- Identificar critérios mais significativos ao combate violência nas vizinhanças dos estádios de futebol;
- Através das ocorrências policiais georreferenciadas, agrupar as ocorrências com o algoritmo *K-means* a fim obter possíveis locais de instalação de facilidades policiais assim como as distâncias dos centros aos crimes;
- Com os dados obtidos pelo método *K-means* propor um modelo multicritério baseado no PROMETHEE II para ranquear as possíveis alternativas para alocação de facilidades;

1.2 JUSTIFICATIVA

A violência ao redor dos estádios é um problema recorrente em muitas cidades do mundo. De acordo com Murad (2013), somente em 2013 houve 23 mortes confirmadas de mortes de torcedores. A situação fica ainda mais alarmante se analisarmos as últimas décadas, entre 1998 e 2023 foram quase 400 mortes registradas (DUARTE,2023). Recife não é uma exceção, a presença de unidades policiais próximas aos estádios pode ser importante para que trazer uma maior

segurança dos torcedores e dos moradores das áreas próximas, além de dissuadir potenciais infratores. E com isso evitar estatísticas como essa.

Agrupar as ocorrências de crimes é uma maneira de se lidar com eles. Existem muitos métodos que fazem isso, um dos mais populares é *K-means*. Ele possui várias vantagens como base estatística bem fundamentada e amplamente disponível em linguagens e softwares, lida bem com grande base de dados e converge rapidamente (MURRAY et al., 2013). Na literatura é usado para inúmeros fins, sendo um deles a analise espacial de crimes como em Appiah et al. (2022), Borba et al. (2019) e Da Silva (2013).

Selecionar locais para facilidades policiais exige avaliação de múltiplos critérios devido às limitações de recursos. Desse modo existem métodos multicritério que auxiliam a tomada de decisão, um deles é o método PROMETHEE. Ele facilita a comparação de alternativas com base nos critérios e pode ser combinado com outras ferramentas, como demonstrado em Nepomuceno et al. (2021), que o utiliza em conjunto com a análise envoltória de dados para avaliar a eficiência policial.

Essa metodologia pode ser muito útil para aprimorar as políticas de segurança pública na região e contribuir para a redução da violência ao redor dos estádios. A aplicação desse trabalho pode ajudar a orientar as decisões dos gestores públicos em relação à alocação de recursos e à implementação de políticas de segurança mais eficazes, com o objetivo de garantir um ambiente mais seguro para os torcedores e moradores das áreas próximas aos estádios em Recife.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 PROBLEMA DE LOCALIZAÇÃO DE FACILIDADES

O problema de localização de facilidades (PLF) é um tema de grande interesse em áreas como logística, transporte, gestão de serviços públicos e outras áreas onde há a necessidade de decidir onde instalar novas unidades de serviços ou equipamentos. O objetivo é decidir da melhor forma possível onde localizar um certo número de serviços (FERNANDES et al., 2005), para minimizar os custos e maximizar a eficiência do serviço prestado.

O PLF é um problema complexo que envolve diversos fatores, como a distância entre as facilidades e os clientes, as características dos clientes, as capacidades das facilidades e a demanda por serviços. A literatura especializada apresenta diversas abordagens para a solução do problema, desde modelos matemáticos que buscam a solução exata do problema até algoritmos heurísticos que buscam soluções aproximadas em tempo razoável. Muitos autores abordam esse problema como Mapa (2012) que usou programação linear inteira, Rabello (2016) que usou um método heurístico e muitos outros. Muitos estudos consideraram métodos para abordar o problema de seleção de instalações por meio do uso de análises matemáticas e simulações de computador (ADELEKE et al., 2020).

A solução da PLF pode trazer diversos benefícios para a sociedade, como a melhoria da qualidade dos serviços prestados, a redução de custos, a otimização da distribuição de recursos e a melhoria do bem-estar dos usuários. O ideal seria que os eventos indesejáveis (como roubos, assaltos, vandalismo e etc.) fossem o mais longe possível da sociedade, contudo não temos controle sobre elas. Logo levar os serviços desejáveis para mais próximo da sociedade é de interesse

Diante desse cenário, a aplicação da PLF em diferentes contextos requer uma análise cuidadosa dos impactos sociais e econômicos, bem como a definição de critérios claros e objetivos para a tomada de decisão. Além disso, é importante considerar os aspectos políticos e culturais envolvidos na decisão de alocação de facilidades, a fim de garantir a aceitação e o envolvimento da comunidade afetada pela decisão.

2.1.1 Segurança pública e PLF

O problema de localização de facilidades desempenha um papel importante na área da segurança pública. Uma vez que a localização de unidades policiais é um ponto muito importante no combate ao crime (BORBA,2019). Com unidades próximas aos pontos de demanda pode-se encurtar o tempo de reposta já que o objetivo é salvar vidas e coibir crimes (SILVA et al., 2013).

Portanto, o problema de localização de facilidades desempenha um papel importante na melhoria da eficiência e na promoção da segurança pública. Pois mesmo disponibilizando mais forças policiais, certamente ajudará no combate à violência, mas ainda faltam alguns vários fatores como o tempo que o indivíduo aguarda o atendimento em caso de necessidade (SILVA,2020). Em situações mais graves como terrorismo, catástrofes e etc. o autor Güzel et al. (2015) enfatiza a necessidade de uma rápida entrega dos recursos aos agentes da lei a fim desempenhar funções de aplicação da lei. E para que isso seja possível o PLF é crucial nesse contexto.

2.2 K-MEANS

K-means é um método de clusterização amplamente utilizado para agrupar dados em grupos homogêneos com base em suas características. É um dos algoritmos de classificação de clusters mais populares dado a simplicidade e eficiência (CABRERA-BARONA et al., 2020).

Esse algoritmo é iterativo e começa com uma escolha aleatória de k centróides, que representam o centro de cada grupo. Em seguida, cada ponto de dados é atribuído ao grupo cujo centróide é o mais próximo. Uma vez que todos os pontos foram atribuídos a um grupo, os centróides são recalculados com base nos pontos de dados atribuídos ao seu grupo. Este processo é repetido até que não haja mais alterações na atribuição dos pontos de dados aos grupos ou até que o número máximo de iterações seja atingido.

Embora o *K-means* seja um algoritmo simples e rápido, ele apresenta algumas limitações, como a sensibilidade à escolha do número de grupos ‘k’ e à inicialização aleatória dos centróides. No entanto, existem técnicas para lidar com esses

problemas, como a inicialização aleatória múltipla e a inicialização por amostragem hierárquica.

O algoritmo tem sido aplicado em diversos campos, como marketing, bioinformática, reconhecimento de padrões e análise de dados geográficos. No contexto da violência ao redor dos estádios, o *K-means* pode ser utilizado para agrupar as áreas em clusters homogêneos. Dessa forma, é possível otimizar a localização das unidades policiais e melhorar a eficiência dos serviços prestados na prevenção e redução da violência.

O pseudocódigo do *K-means* pode ser escrito:

- Escolha o número de *clusters* ‘k’ que deseja formar. Isso geralmente é determinado por algum conhecimento prévio sobre os dados ou por experimentação.
- Inicializar k centróides aleatoriamente. Você pode fazer isso selecionando aleatoriamente k pontos de dados do conjunto de dados.
- Repita até a convergência:
    - a)Atribua cada ponto de dados ao centróide mais próximo calculando a distância entre cada ponto de dados e cada centróide. O centróide mais próximo é aquele com a menor distância.
    - b) Recalcule o centróide de cada *cluster* tomando a média de todos os pontos de dados atribuídos a esse *cluster*.

O algoritmo converge quando os centróides não se movem mais significativamente, ou quando um número máximo de iterações é atingido.

2.3 PROMETHEE

O método PROMETHEE (*Preference Ranking Organization Method for Enrichment Evaluation*) é uma abordagem que orienta o processo de tomada de decisão, permitindo que as opções sejam organizadas em uma hierarquia com base nas preferências do decisor (MARESCHAL et al., 2009). Desenvolvido por Brans et al. (1986) essa técnica ajuda a classificar as ações de acordo com os critérios estabelecidos, permitindo uma análise mais clara e estruturada das possibilidades disponíveis. Sendo que as alternativas se referem às possibilidades, escolhas ou

candidatas que estão sendo analisadas em relação aos critérios estabelecido. Os critério são os atributos ou valores inerentes a cada alternativa.

O PROMETHEE se encaixa na categoria de modelo não compensatório, logo não é possível ou desejável compensar desempenhos fracos em um critério com desempenhos fortes em outros critérios, pois os critérios são tratados de forma independente. Modelos decisórios não compensatórios como PROMETHEE vem sendo bem empregado na literatura, desde avaliar a satisfação no trabalho, Alocação de Recursos em Universidades Públicas e etc. (NEPOMUCENO et al.,2020).

De acordo com Mareschal et al. (2009) o método PROMETHEE pode ser definido em duas etapas. Na primeira etapa, a comparação é feita usando funções de preferência, essas funções atribuem valores que representam a diferença entre as alternativas em um critério, ajudando a classificar e ordenar as alternativas com base nas preferências do decisor. A partir dessas comparações, é gerada uma matriz de pré-ordem que indica a relação de preferência entre as alternativas em relação a cada critério individualmente. Numa segunda etapa, o responsável pela tomada de decisão atribui pesos aos critérios de acordo com as prioridades, de modo que os critérios mais relevantes recebem maior peso

. O Visual PROMETHEE é uma representação gráfica dos resultados do método PROMETHEE. Ele permite que os decisores possam entender visualmente a relação de preferência entre as alternativas em relação a cada critério, bem como a classificação final das alternativas. O Visual PROMETHEE é particularmente útil quando se trabalha com muitos critérios e alternativas, pois ajuda a simplificar e a tornar os resultados mais fáceis de entender.

O grau de sobreclassificação é uma medida utilizada no método PROMETHEE para avaliar a qualidade da classificação das alternativas. Ele mede a proporção de pares de alternativas que foram classificadas em ordens inversas em relação ao conjunto total de pares de alternativas comparadas. Já as funções de preferência quantificam as preferências dos decisores em relação às alternativas avaliadas. Essas funções atribuem pesos aos critérios de avaliação, refletindo a importância relativa de cada critério para a tomada de decisão.

Para aplicar a técnica PROMETHEE é necessário atribuir pesos a cada critério onde cada critério i deverá ter um peso p_i, sendo que o somatório desses pesos deve ser igual a 1. Assim pode se calcular o grau de sobreclassificação dado pela equação:

$$\pi(a,b) = \sum_{i=1}^{n} p_i F_i(a,b) \quad (1)$$

Onde:

n= número de critérios avaliados.

$\pi(a,b)$ = grau de sobreclassificação da alternativa a em relação a alternativa b.

F_i= função de preferência do critério i

p_i=peso do critério i

E os pesos estão sujeitos a equação:

$$\sum_{i=1}^{n} p_i = 1 \quad (2)$$

Com o grau de sobreclassificaçao de todas as alternativas pode-se calcular os fluxos das alternativas. São 3 tipos de fluxo, o positivo, o negativo e o fluxo líquido. O fluxo de preferência positivo mede o quanto uma ação é preferida em relação às outras n-1 alternativas. Analogamente o fluxo negativo nos diz o quão as n-1 alternativas são preferíveis. Já o fluxo líquido é a subtração do fluxo negativo do fluxo positivo. Isso é basicamente como a alternativa está desempenhando comparando com as demais. Quanto maior o fluxo líquido, mais preferível é a alternativa. Os fluxos são calculados pelas equações:

$$\emptyset^{+}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \neq a} \pi(a,b) \quad (3)$$

$$\emptyset^{-}(a) = \frac{1}{n-1} \sum_{b \neq a} \pi(b,a) \quad (4)$$

$$\emptyset(a) = \emptyset^{+}(a) - \emptyset^{-}(a) \quad (5)$$

Onde:

$\emptyset^{+}(a)$= fluxo positivo da alternativa a

$\emptyset^{-}(a)$= fluxo negativo da alternativa a

$\emptyset(a)$= fluxo líquido da alternativa a

b=são as $n-1$ alternativas

O método PROMETHEE possui algumas variações, sendo as mais usadas o PROMETHEE I e II (ARAÚJO et al., 2009). O PROMETHEE I cria uma pré-ordem parcial das alternativas, a partir dos fluxos positivo e negativo. Já o PROMETHEE II gera uma pré-ordem completa utilizando o fluxo líquido, isto é, quanto maior o valor obtido, melhor é a alternativa (BRANS et al., 1986).

2.3.1 Funções de preferência.

As funções de preferência no método PROMETHEE são essenciais para modelar e quantificar as preferências do tomador de decisão em relação aos critérios e alternativas. Uma vez que essas funções são especificadas, o método PROMETHEE utiliza-as para calcular as medidas de preferência e a classificação final das alternativas. Brans et al. (1986) introduziu 6 funções de preferência que abrangem a maioria dos casos, essas medidas são baseadas em comparações par a par entre as alternativas e critérios para determinar a intensidade da preferência.

Algumas dessas funções recebem parâmetros q e p, eles são os limites de indiferença e de preferência respectivamente. O limite de indiferença q é o valor a partir do qual as alternativas igualmente preferíveis, criando uma zona de indiferença onde as alternativas são vistas como equivalentes em termos de preferência. Já o limite de preferência p representa o valor onde claramente uma alternativa é melhor que outra, estabelecendo uma zona de preferência onde a diferença entre as pontuações das alternativas é considerada relevante.

Sendo F_i a função de preferência do critério i, e $g(a) - g(b)$ a diferença '*d*' entre as alternativas '*a*' e '*b*' no critério i as funções de preferência são:

Quadro 1-Funções de preferência

Função	características	Diferença	Valor ($F_i(a,b)$)
Usual	Função atribui 1 se o valor d for positivo, 0 caso contrário	$d \leq 0$	0
		$d > 0$	1
Quase-critério	Função atribui 1 se o valor *d* for maior que o parâmetro *q*, 0 caso contrário	$d \leq q$	0
		$d > q$	1
Limite de preferência ou linear	Função atribui 1 se o valor *d* for maior que o parâmetro *p*, se *d* for menor que p recebe um valor entre 0 e 1, caso seja negativo recebe 0	$d \leq 0$	0
		$0 < d \leq p$	(d) /p
		$d > p$	1
Pseudocritério	Função atribui 1 se o valor |d| for maior que o parâmetro p, se |d| estiver no intervalo (q,p] recebe um valor 1/2 , se for igual ou menor a *q* recebe 0	$\|d\| > p$	1
		$q < \|d\| \leq p$	0,5
		$\|d\| \leq q$	0
Área de indiferença	Função atribui 1 se o valor |d| for maior que o parâmetro p, se |d| estiver no intervalo (q,p] recebe um valor 1/2 , se for igual ou menor a q recebe 0	$\|d\| > p$	1
		$q < \|d\| \leq p$	$(\|d\| - p)/(p - q)$
		$\|d\| \leq q$	0
Critério Gaussiano	desvio padrão α deve ser definido	-	$1 - e^{(\frac{-\|d\|^2}{2\alpha^2})}$

Fonte: adaptado de Araújo et al. (2009) e Brans et al. (1986)

2.4 *RANK ORDER CENTROID WEIGHTED* (ROC)

A técnica *Rank Order Centroid Weighted* (ROC) é uma técnica de seleção de características que atribui pesos a cada critério com base em uma declaração de importância ou classificação (JEFFREYS et al., 2009). Essa técnica é amplamente utilizada em problemas de tomada de decisão multicritério, como em sistemas de recomendação, análise de risco, planejamento de investimentos, entre outros.

A importância dessa técnica está em sua capacidade de simplificar a complexidade do processo de seleção de características(MORAIS et al.,2015). Em vez de tentar avaliar todos os critérios de forma igualmente importante, a técnica ROC permite que os especialistas classifiquem os critérios de acordo com sua importância relativa, criando uma lista ordenada de preferência. Assim o método atribui valores

para pesos dos critérios através da informação de ordenação dos critérios que foi definida pelos decisores (CASTRO,2023).

A técnica ROC é baseada em técnicas estatísticas, como o método do centróide, que usa a média ponderada dos valores dos critérios para determinar o valor global. Essa técnica é capaz de lidar com uma ampla variedade de distribuições de probabilidade e tipos de critérios, tornando-a uma escolha popular para problemas de seleção de características em diversas áreas de aplicação.

Os pesos são calculados a partir da ordem de preferência (sob os critérios), de acordo com Jeffreys et al. (2009). Dado os critérios Critério 1, Critério 2... Critério M, a ordem de importância é Critério1≥Critério2≥...≥CritérioM. Os pesos associados são P1,P2...,PM tem a ordem de grandeza P1≥P2≥...≥PM. Assim os pesos podem ser calculados com seguinte equação:

$$Pm = \frac{1}{M}\sum_{i=m}^{M}\frac{1}{i}\ . \tag{6}$$

Generalizando a equação para diferentes números de critérios temos o seguinte quadro:

Quadro 2-Pesos do método ROC em função do número de critérios

Ordem de preferência	2	3	4	5	6	7	8	9	10
1º	0,7500	0,6111	0,5208	0,4567	0,4083	0,3704	0,3397	0,3143	0,2929
2º	0,2500	0,2778	0,2708	0,2567	0,2417	0,2276	0,2147	0,2032	0,1929
3º		0,1111	0,1458	0,1567	0,1583	0,1561	0,1522	0,1477	0,1429
4º			0,0625	0,0900	0,1028	0,1085	0,1106	0,1106	0,1096
5º				0,0400	0,0611	0,0728	0,0793	0,0828	0,0846
6º					0,0278	0,0442	0,0543	0,0606	0,0646
7º						0,0204	0,0335	0,0421	0,0479
8º							0,0156	0,0262	0,0336
9º								0,0123	0,0211
10º									0,0100

Fonte: Adaptado de Jeffreys et al. (2009)

3 METODOLOGIA

3.1 ETAPAS DA PESQUISA

A fim de estruturar e organizar as etapas desse estudo foi criado um fluxograma de processos com as etapas do trabalho:

Figura 1-Etapas do projeto.

Fonte: o autor

3.2 DIAS DE JOGOS

O combate à violência dentro e fora dos estádios depende de uma alocação eficiente do efetivo policial. Para isso foram selecionados os principais estádios de Recife para esse estudo, sendo eles o estádio José do Rego Maciel (Arruda), Eládio de Barros Carvalho(Aflitos) e Adelmar da Costa Carvalho (Ilha do Retiro). O campeonato pernambucano foi escolhido já que campeonatos regionais tendem a ser mais intensos e geram mais violência entre os torcedores. Usando o site

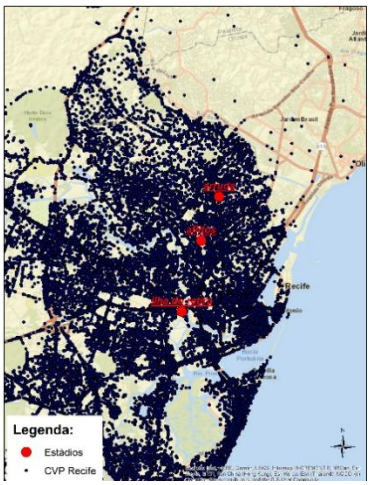
Superesportes (2023) foi possível identificar as datas em que ocorreram os jogos nesses locais. No apêndice AB na página 72 estão disponíveis os dados detalhados dos dias de jogos.

3.3 OCORRÊNCIAS POLICIAIS

Para definir os locais ideias de alocação dos recursos policiais é necessário saber onde os crimes ocorrem. Assim a SEPLAG (Secretaria de Estado de Planejamento e Gestão) disponibilizou uma base de dados com os casos CVP (Crimes Violentos Patrimoniais) com suas respectivas geolocalização em todo estado de Pernambuco. Essa base abrange os casos de 2018 a 2021 em todo o estado. Dentre os crimes presentes nesses dados estão: outros roubos, roubo (saída de banco/instituição financeira), roubo a agência bancária, roubo a ônibus, roubo a outras instituições financeiras, roubo a outros transportes coletivos, roubo a transeunte, roubo com restrição da liberdade da vítima, roubo de carga, roubo em estabelecimento comercial ou de serviços e roubo em residência.

Mesmo não tendo outros tipos de crimes como física, sexual, psicológica ou moral a existência de dados de roubos em geral pode ser um indicativo útil de ocorrências de violência em áreas urbanas. Isso ocorre porque muitas vezes os roubos estão associados a atos de violência, como agressões físicas, ameaças e intimidações. No mapa a seguir é possível ver a plotagem dos crimes em Recife através do software *ArcGis* usando o *OpenStreetMap* como mapa base.

Figura 2-Mapa dos casos de CVP no município de Recife.

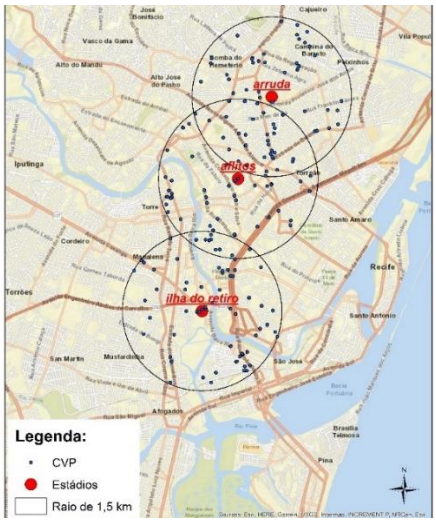


Fonte: o autor.

3.3.1 Filtragem das ocorrências

A fim de selecionar os casos nas imediações dos estádios foi estipulado um raio de 1,5 km ao redor de cada estádio. Assim os crimes fora desse raio foram desconsiderados. Além disso, somente foram considerados os delitos cometidos nos dias de jogos.

Figura 3-Mapa dos casos de CVP dentro da área de estudo



Fonte: o autor

Mesmo que haja intersecção entre os raios entre os estádios, não existe repetição nas datas dos jogos, logo nenhuma ocorrência analisada ficou repetida em outro estádio. O número de casos de CVP dos estádios arruda, ilha do Retiro e aflitos foram respectivamente 52, 69 e 75. Na tabela a seguir mostra a proporção das ocorrências para cada estádio baseado nas suas naturezas.

Tabela 1- Proporção dos tipos de CVP em cada estádio.

	Arruda	Ilha Do Retiro	Aflitos
Outros Roubos	13,5%	2,9%	6,7%
Roubo A Transeunte	76,9%	88,4%	81,3%
Roubo Em Residência	3,8%	1,4%	0,0%
Roubo A Ônibus	3,8%	0,0%	1,3%
Roubo Em Estabelecimento Comercial Ou De Serviços	1,9%	5,9%	10,7%
Roubo A Outros Transportes Coletivos	0%	1,4%	0%

Fonte: o autor

3.4 APLICAÇÃO DO MÉTODO K-*MEAN*S.

Com as ocorrências devidamente filtradas pode-se converter as coordenadas do formato de latitude e longitude para o formato UTM (*Universal Transverse Mercator*) já que é mais adequado para o algoritmo *K-means* do que a latitude e longitude. Isso porque o sistema UTM representa as coordenadas em um sistema cartesiano bidimensional, facilitando a análise de dados. O algoritmo *K-means* é baseado em cálculos de distâncias entre os pontos, e o sistema UTM permite a utilização da distância euclidiana, que é mais simples.

A implementação do algoritmo ocorreu por intermédio da linguagem de programação Python, utilizando a biblioteca *Scikit-learn* (SKLEARN,2023).O uso dessa linguagem se justifica pela sua popularidade e facilidade de uso, além de contar com uma vasta biblioteca de módulos que permitem a análise de dados de forma eficiente e rápida. A biblioteca *Scikit-learn* é especialmente indicada para a aplicação de algoritmos de aprendizado de máquina, incluindo o algoritmo *K-means*, dispondo de funções otimizadas para esse fim. O algoritmo foi executado variando o parâmetro 'k' em um intervalo de números inteiros de 1 a 30. Isso foi feito dentro de uma área de 1,5 km de raio ao redor dos estádios, dessa forma gerando as alternativas englobam todas as opções viáveis com folga.

A fim de minimizar o problema de escolha inicial dos centróides foi adotada a técnica da inicialização aleatória múltipla. Essa técnica é a padrão na biblioteca *Scikit*, o algoritmo é executado com sementes de centróides diferentes de acordo com o número de vezes especificado. A semente que gerou os clusters com a menor soma das distâncias quadradas dos pontos ao centróide do cluster é a escolhida. Para esse estudo cada clusterização rodou com 5.000 sementes diferentes. Usando um notebook equipado com processador *Intel(R) Core(TM) i3-3217U* na frequência de 1.80GHz e 10GB de memória RAM, levando uma hora e quarenta e três minutos para finalizar.

Este trabalho se limita a uma pequena área ao redor de cada estádio, as distâncias são da mesma escala (metros), e essas distâncias não possuem grande variabilidade ou tamanho. Desse modo assume-se que não há necessidade de padronização dos dados com métodos de normalização como *z-score*, *Max-min*, *Decimal Scaling* entre outros. Caso contrário a padronização dos dados seria um importante tarefa para dimensionar ou controlar a variabilidade dos conjuntos de

dados (Ismail et al., 2013). Os mapas das clusterizações geradas por esse método nas alternativas selecionadas estão no Apêndice AA, página 65 deste trabalho.

3.5 APLICAÇÃO DO PROMETHEE

A fim identificar o cenário de melhor alocação das facilidades, foram criados vários cenários baseados na quantidade de facilidades. Sendo N a quantidade de facilidades, o algoritmo *K-means* vai distribuir essas facilidades em N clusters sendo que cada CVP será ligado a um único cluster. E para cada diferente número de clusters existe uma distância média D entre os CVPs e os clusters associados. Além dessa distância D foi calculado o nível de cobertura C que é proporção de CVP que estão a menos de 500 metros do centróide do cluster associado.

Com os critérios número de facilidades (N), distância média (D) e nível de cobertura (C), os pesos para cada um deles foi dado pela técnica ROC considerando a ordem de preferência (sob os critérios). Dependendo da preferência do decisor o estudo foi feito em 6 cenários considerando todas ordens de preferência, no quadro abaixo estão os pesos para cada critério em todos os cenários:

Quadro 3-Pesos dos critérios para cada cenário.

	pesos dos critérios		
cenários	0,6111	0,2778	0,1111
1	C	D	*N*
2	C	N	*D*
3	D	C	*N*
4	N	C	*D*
5	D	N	*C*
6	*N*	*D*	*C*

Fonte: o autor.

A análise foi feita no software visual PROMETHEE considerando os critérios número de facilidades (N) e distância média (D) como critérios para minimização ao passo que o nível de cobertura (C) foi considerado maximização. A função de preferência para os critérios N foi a função usual do PROMETHEE. Nos critérios *D* e *C* foi usada a função linear com parâmetro *p* igual a 50 e 0,5 respectivamente.

4 RESULTADOS

4.1 ANÁLISE DE CLUSTERS

Usando o número de clusters como uma variável discreta é possível definir as estatísticas descritivas das distâncias entre o centróide de cada cluster e os CVPs associados. Nas tabelas do apêndice AC na página 74 há os valores em metros de para cada número de facilidades (N) de 1 a 30 nos estádios.

Com as distâncias já calculadas pelo método *K-means,* pode-se definir as alternativas que serão avaliadas. Na tabela a seguir estão dispostos os valores dos critérios número de facilidades (N), distância média em metros(D) e nível de cobertura (C) para cada uma das alternativas nos 3 estádios. O número de cada alternativa é referente ao critério N associado sendo alternativa 1 referente a $N = 1$, alternativa 2 referente a $N = 2$ e assim por diante.

Tabela 2-Alternativas abordadas no estudo.

(continua)

	Aflitos		Arruda		Ilha Do Retiro	
	D	C	D	C	D	C
Alternativa 1	986,48	12,0%	947,98	11,5%	970,05	14,5%
Alternativa 2	725,15	26,7%	696,56	26,9%	656,09	39,1%
Alternativa 3	583,4	32,0%	533,81	53,9%	538,95	49,3%
Alternativa 4	478,34	46,7%	410,81	75,0%	462,07	58,0%
Alternativa 5	417,56	58,7%	358,36	82,7%	381,65	69,6%
Alternativa 6	366,04	72,0%	294,63	92,3%	307,57	82,6%
Alternativa 7	315,57	90,7%	252,2	96,2%	280,64	89,9%
Alternativa 8	290,33	93,3%	227,7	98,1%	255,94	91,3%
Alternativa 9	266,32	94,7%	206,96	98,1%	237,28	95,7%
Alternativa 10	238,85	98,7%	192,49	100%	215,19	98,6%
Alternativa 11	225,19	100%	170,31	100%	200,42	98,6%
Alternativa 12	207,8	100%	158,29	100%	182,29	98,6%
Alternativa 13	200,08	100%	147,02	100%	172,26	98,6%
Alternativa 14	189,36	100%	137,66	100%	162,63	100%
Alternativa 15	178,81	100%	128,33	100%	156,14	100%
Alternativa 16	170,29	100%	117,29	100%	140,51	100%
Alternativa 17	163,43	100%	109,38	100%	129,65	100%
Alternativa 18	150,81	100%	100,19	100%	123,52	100%
Alternativa 19	143,39	100%	92,38	100%	115,49	100%
Alternativa 20	132,83	100%	86,93	100%	107,67	100%
Alternativa 21	125,16	100%	81,75	100%	100,32	100%
Alternativa 22	119,63	100%	75,87	100%	92,68	100%
Alternativa 23	113,76	100%	70,51	100%	86,79	100%

Tabela 2-Alternativas abordadas no estudo

(conclusão)

	Aflitos		Arruda		Ilha Do Retiro	
	D	C	D	C	D	C
Alternativa 24	107,37	100%	65,55	100%	81,77	100%
Alternativa 25	101,03	100%	61,25	100%	77,02	100%
Alternativa 26	94,44	100%	57,44	100%	72,79	100%
Alternativa 27	91,78	100%	53,19	100%	69,2	100%
Alternativa 28	87,52	100%	48,16	100%	65,22	100%
Alternativa 29	83,65	100%	45,01	100%	60,5	100%
Alternativa 30	79,45	100%	40,27	100%	55,04	100%

Fonte: o autor

4.2 RANKING DAS ALTERNATIVAS

O software *visual PROMETHEE* fornece os rankings completos das alternativas em função do fluxo líquido. No quadro a seguir estão a relação do número de facilidades das 5 melhores alternativas para cada estádio em todos os cenários.

Quadro 4-Melhores alternativas em função do fluxo.

	Cenários						
Estádio	1	2	3	4	5	6	Ranking
Aflitos	30 Locais	11 Locais	30 Locais	7 Locais	26 Locais	1 Local	1º
	26 Locais	10 Locais	29 Locais	8 Locais	28 Locais	2 Locais	2º
	29 Locais	12 Locais	28 Locais	9 Locais	27 Locais	7 Locais	3º
	28 Locais	13 Locais	27 Locais	10 Locais	29 Locais	3 Locais	4º
	27 Locais	14 Locais	26 Locais	1 Locais	30 Locais	6 Locais	5º
Ilha do Retiro	30 Locais	10 Locais	30 Locais	7 Locais	30 Locais	1 Local	1º
	29 Locais	11 Locais	29 Locais	6 Locais	29 Locais	2 Locais	2º
	28 Locais	12 Locais	28 Locais	8 Locais	26 Locais	6 Locais	3º
	27 Locais	9 Locais	27 Locais	9 Locais	28 Locais	7 Locais	4º
	26 Locais	14 Locais	26 Locais	5 Locais	27 Locais	3 Locais	5º
Arruda	30 Locais	8 Locais	30 Locais	6 Locais	30 Locais	4 Locais	1º
	28 Locais	10 Locais	29 Locais	7 Locais	28 Locais	1 Local	2º
	29 Locais	11 Locais	28 Locais	5 Locais	29 Locais	5 Locais	3º
	27 Locais	7 Locais	27 Locais	4 Locais	27 Locais	6 Locais	4º
	26 Locais	9 Locais	26 Locais	8 Locais	26 Locais	7 Locais	5º

Fonte: o autor

Os cenários 1,3 e 5 se beneficiam de maiores quantidades de facilidades, já o cenário 6 é exatamente o oposto. Esses 4 cenários não se mostraram opções

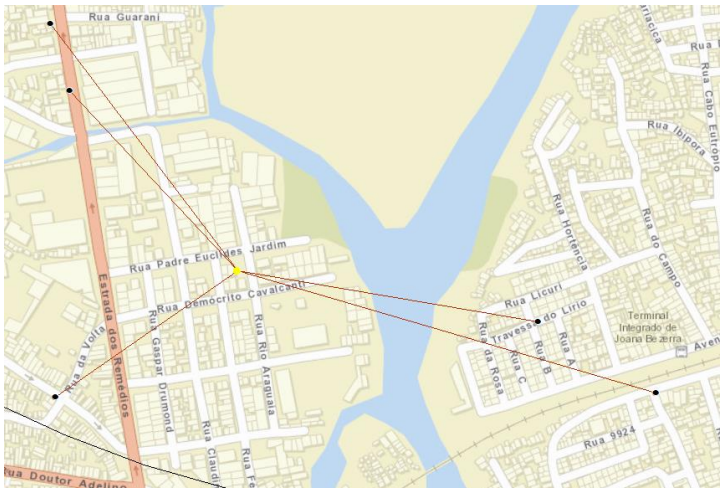
recomendáveis a um tomador de decisão, nesses cenários as alternativas mais bem colocadas são com o máximo ou o mínimo número de facilidades. Se for alocado o mínimo número de facilidades (uma única), dificilmente será o suficiente para atender em tempo hábil os arredores dos estádios. Contudo uma alocação com máximo de facilidades (o trabalho se limitou a 30, mas podendo ser até mais), não será economicamente viável manter um aparato policial tão numeroso. Logo resta os cenários 2 e 4 como opções equilibradas ao tomador de decisão.

Os cenários 2 e 4 se mostraram opções mais coerentes ao tomador de decisão por serem mais balanceadas. Mesmo que o tomador de decisão tenha uma ordem de preferência (sob os critérios) própria e diferente dessas duas, o impacto pode ser uma alocação insuficiente ou muito custosa. Considerando que essas são as opções mais recomendadas ao tomador de decisão, podemos visualizar os locais dessas alocações. No Apêndice AA, página 65 deste trabalho, podemos ver os mapas da distribuição dessas facilidades pelo espaço nos 3 estádios.

4.3 VALIDAÇÃO DAS LOCALIZAÇÕES

Uma das limitações desse trabalho é utilizado o espaço euclidiano que pode não condizer com elementos da realidade. O estádio afetado foi a ilha do Retiro por estar próximo do Rio Capibaribe. Com 7 centros, um deles fica responsável por atender as demandas do outro lado do rio, quando não há passagem próxima. Na imagem abaixo pode-se ver com mais detalhes.

Figura 4- Centro responsável por atender duas margens do rio



Fonte: o autor

Com 10 centros o problema fica mais grave, um desses centros fica no meio do rio. Na imagem abaixo pode-se ver com mais detalhes.

Figura 5- Centro alocado no meio do rio.

Fonte: o autor

Essas alocações foram as que obtiveram melhor fluxo líquido nos cenários 2 e 4. Como essas alocações são incondizentes com a realidade deve-se buscar o segundo melhor fluxo nesses cenários. Na tabela 7 as alternativas em segundo lugar nos cenários 2 e 4 são N igual a 11 e 6 respectivamente. No apêndice AA podemos ver o mapa dessas alternativas. Com essa nova disposição de locais os problemas anteriores foram resolvidos. A alternativa com 6 centros ainda possui um centro ligado a duas margens do rio contudo há duas pontes que permitem a passagem

5 CONCLUSÕES

Melhorar o combate à violência não é uma tarefa simples, muitas iniciativas buscam esse objetivo de muitas formas. Esse trabalho foi desenvolvido com base nos casos de CVP georreferenciados disponibilizado pela Seplag. Saber uma quantidade adequada de facilidades assim onde colocá-las é um problema complexo de se lidar. Cada um desses fatores pode ter um impacto grande tanto no resultado operacional dos agentes de segurança como na utilização de recursos. Desse modo, esse trabalho apresenta um método híbrido PROMETHEE com *K-means* a fim de unificar esses aspectos a uma única metodologia. O trabalho se deu em variar o número de centróides dos clusters de crimes, e a partir disso usar os critérios distância média, nível de cobertura e o próprio número de facilidades a fim de criar um ranking das alternativas. As limitações deste trabalho foram o baixo número de ocorrências dentro da área de estudo, além de se limitar apenas em Recife e o fato de trabalhar no espaço euclidiano que pode não condizer com a realidade.

Os resultados do trabalho mostraram que a maioria das possíveis preferências dos decisores podem gerar alocações muito numerosas ou insuficientes. Os pesos dos critérios foram definidos pelo método ROC, assim resta ao decisor a ordem de preferência dos critérios. A análise foi feita com 3 critérios os decisores tem 6 opções de ordem de preferência, nesse trabalho sendo chamado de cenários. Dentre esses cenários, apenas dois obtiveram uma quantidade equilibrada de facilidades. Logo os demais cenários não são opções recomendáveis a um tomador de decisão em nenhum dos estádios, uma vez que esses cenários implicam em um elevado ou insuficiente número de facilidades. Dentre os cenários recomendáveis no estádio ilha do Retiro por ser cercado de rios as alternativas com melhor fluxo se mostraram inviáveis no mundo real uma vez que os rios impediam o funcionamento de algumas facilidades. Contudo a alternativa com segundo melhor fluxo nos dois cenários conseguiu resolver esse problema.

Como proposta de trabalhos futuros seria interessante aplicar essa metodologia em outros estádios brasileiro e adicionar outros critérios que não foram abordados nesse trabalho além de utilizar padronização dados a fim de verificar o impacto na geração dos clusters. Além disso, seria interessante a possibilidade de aplicação de um sistema multicritério que atenda a múltiplos decisores.

REFERÊNCIAS

ADELEKE, Olawale J.; OLUKANNI, David O. Facility location problems: models, techniques, and applications in waste management. **Recycling**, v. 5, n. 2, p. 10, 2020.

APPIAH, Simon Kojo et al. A model-based clustering of expectation–maximization and K-means algorithms in crime hotspot analysis. **Research in Mathematics**, v. 9, n. 1, p. 2073662, 2022.

ARAÚJO, Afrânio Galdino de; ALMEIDA, Adiel Teixeira de. Apoio à decisão na seleção de investimentos em petróleo e gás: uma aplicação utilizando o método PROMETHEE. **Gestão & produção**, v. 16, p. 534-543, 2009.

DUARTE, Igor. Violência no futebol: levantamento mostra os assassinatos nas últimas 3 décadas. **Band**, 2023. Disponível em: https://www.band.uol.com.br/noticias/jornal-da-band/ultimas/violencia-no-futebol-levantamento-mostra-os-assassinatos-nas-ultimas-3-decadas-16618761. Acesso em: 23 set. 2023.

BARRON, F. Hutton; BARRETT, Bruce E. Decision quality using ranked attribute weights. **Management science**, v. 42, n. 11, p. 1515-1523, 1996.

BORBA, Bruno Ferreira da Costa et al. Optimizing Police Facility Locations Based on Cluster Analysis and the Maximal Covering Location Problem. **Applied System Innovation**, v. 5, n. 4, p. 74, 2022.

BORBA, Bruno Ferreira da Costa et al**. Proposta de um sistema de informação gerencial para análise de dados baseado no modelo K-MEANS e MCLP sobre a localização de instalações policiais**. 2019. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

BRANS, Jean-Pierre; VINCKE, Ph; MARESCHAL, Bertrand. How to select and how to rank projects: The PROMETHEE method. **European journal of operational research**, v. 24, n. 2, p. 228-238, 1986.

CABRERA-BARONA, Pablo F. et al. Generating and mapping Amazonian urban regions using a geospatial approach. **ISPRS International Journal of Geo-Information**, v. 9, n. 7, p. 453, 2020.

CASTRO, Gabriel de Oliveira. **Modelo de classificação baseado na adaptação do método PROMETHEE-ROC**. 2023. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco.

DA SILVA, Valtania Ferreira; CABRAL, Lucídio dos Anjos Formiga; QUIRNO, Roberto. Estratégia para seleção de locais candidatos voltada ao problema de localização de viaturas policiais. **XLVSBPO-Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional, Natal**, 2013.

DO AMARAL, Marcio José. A VIOLÊNCIA NOS ESTÁDIOS DE FUTEBOL E A TUTELA ESTATAL. **Revista Jurídica On-line**, v. 1, n. 8, 2017.

FERNANDES, Sérgio; CAPTIVO, M. Eugénia; CLIMACO, J. **Um sistema de apoio a decisão para análise de problemas de localização bicritério**. Working paper 2/05, Centro de Investigação Operacional, Faculdade de Ciências, Universidade de Lisboa. (in Portuguese), 2005.

GÜZEL, Dilşad; ERDAL, Hamit. A comparative assesment of facility location problem via fuzzy TOPSIS and fuzzy VIKOR: A case study on security services. **International Journal of Business and Social Research**, v. 5, n. 5, p. 49-61, 2015.

JEFFREYS, Ian; LAWRENCE, Paul. Principles and methods for developing a MODSS process for farm forestry. 2002.MARESCHAL, Bertrand; DE SMET, Yves. Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods. In: **2009 IEEE International conference on industrial engineering and engineering management**. IEEE, 2009. p. 1646-1649.

ISMAIL BIN, M.; DAUDA, U. Standardization and Its Effects on K-means Clustering Algorithm. **Research Journal of Applied Sciences, Engineering and Technology**, v. 6, p. 17, 2013.

MAPA, Sílvia Maria Santana; LIMA, Renato da Silva. Uso combinado de sistemas de informações geográficas para transportes e programação linear inteira mista em problemas de localização de instalações. **Gestão & Produção**, v. 19, p. 119-136, 2012.

MARESCHAL, Bertrand; DE SMET, Yves. Visual PROMETHEE: Developments of the PROMETHEE & GAIA multicriteria decision aid methods. In: **2009 IEEE**

International conference on industrial engineering and engineering management. IEEE, 2009. p. 1646-1649.

MORAIS, Danielle Costa A. T., Alencar, L. H., Clemente, T. R. N., & Cavalcanti, C. Z. B. PROMETHEE-ROC model for assessing the readiness of technology for generating energy. **Mathematical Problems in Engineering**, v. 2015, 2015.

MURAD, Mauricio. **A violência e o futebol: dos estudos clássicos aos dias de hoje**. FGV Editora, 2007.

MURAD, Mauricio. **A Violência no futebol: novas pesquisas, novas ideias, novas propostas**. São Paulo: Saraiva/Selo Benvirá, 2017

MURAD, Mauricio. Práticas de violência e mortes de torcedores no futebol brasileiro. **Revista USP**, n. 99, 2013.

MURRAY, Alan T.; GRUBESIC, Tony H. Exploring spatial patterns of crime using non-hierarchical cluster analysis. **Crime modeling and mapping using geospatial technologies**, p. 105-124, 2013.

NEPOMUCENO, Thyago CC; DARAIO, Cinzia; COSTA, Ana Paula CS. Multicriteria ranking for the efficient and effective assessment of police departments. **Sustainability**, v. 13, n. 8, p. 4251, 2021.

NEPOMUCENO, Thyago Celso C. et al. Alcohol and violent behavior among football spectators: An empirical assessment of Brazilian's criminalization. **In ternational journal of law, crime and justice**, v. 51, p. 34-44, 2017.

NEPOMUCENO, Thyago Celso Cavalcante; DARAIO, Cinzia; COSTA, Ana Paula Cabral Seixas. Combining multi-criteria and directional distances to decompose non-compensatory measures of sustainable banking efficiency. **Applied Economics Letters**, v. 27, n. 4, p. 329-334, 2020.

PALHARES, Marcelo Fadori Soares et al. Lazer, agressividade e violência: considerações sobre o comportamento das torcidas organizadas. **Motriz: Revista de Educação Física**, v. 18, p. 186-199, 2012.

PERNAMBUCANO 2018, **Super Esportes**,2018. Disponível em:https://www.df.superesportes.com.br/campeonatos/2018 /pernambucano/. Acesso em: 20 jan. de 2023

PERNAMBUCANO 2019, **Super Esportes**,2019. Disponível em:https://www.df.superesportes.com.br/campeonatos/2019/pernambucano/. Acesso em: 25 jan. de 2023

PERNAMBUCANO 2020, **Super Esportes**,2020. Disponível em:https://www.df.superesportes.com.br/campeonatos/2018/pernambucano/. Acesso em: 06 fev. de 2023

PERNAMBUCANO 2021, **Super Esportes**,2021. Disponível em:https://www.df.superesportes.com.br/campeonatos/2018/pernambucano/. Acesso em: 13 fev. de 2023

PIMENTA, Carlos Alberto Máximo. Violência entre torcidas organizadas de futebol. **São Paulo em perspectiva**, v. 14, p. 122-128, 2000.

RABELLO, Rômulo Louzada; MAURI, Geraldo Regis; RIBEIRO, Glaydston Mattos. Método heurístico híbrido para resolução do problema de localização de facilidades capacitadas em dois níveis. In: **XLVIII SBPO—Brazilian Symposium on Operational Research, Vitória, Brazil**. 2016.

ROMANO. Crimes contra eventos esportivos e culturais**. Revista Jus Navigandi,** ISSN 1518-4862, Teresina, ano 20, n. 4343, 23 mai. 2015. Disponível em: https://jus.com.br/artigos/39364. Acesso em: 28 fev. de 2023

SILVA, Josué Gomes da. **Um modelo matemático de localização de facilidades e alocação de viaturas policiais. 2020.** 1 recurso online (68 p.) Dissertação (mestrado profissional) - Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Matemática Estatística e Computação Científica, Campinas, SP. Disponível em: https://hdl.handle.net/20.500.12733/1639251. Acesso em: 21 set. 2023.

SILVA, V. F.; CABRAL, L. A. F.; QUIRNO, R. Estratégia para seleção de locais candidatos voltada ao problema de localização de viaturas policiais. **XLVSBPO- 19 Simpósio Brasileiro de Pesquisa Operacional**, Natal/RN, setembro de 2013.

SKLEARN. KMeans. Disponível em: https://scikit-learn.org/stable/modules/generated/sklearn.cluster.KMeans.html. Acesso em: 30 mar. de 2023.

SUPER ESPORTES. **Superesportes,**2023. Notícias do esporte no Brasil e no mundo. Página inicial. Disponível em: < https://www.mg.superesportes.com.br/ >. Acesso em: 29 mar. de 2023.

TOWARDS DATA SCIENCE. K-means Clustering with Scikit-Learn. Disponível em: https://towardsdatascience.com/K-means-clustering-with-scikit-learn-6b47a369a83c. Acesso em: 30 mar. de 2023.

YUAN, C.; YANG, H. Research on K-value selection method of K-means clustering algorithm. **Multidisciplinary Scientific Journal** J, 2 (2), 226–235. 2019.

APÊNDICE A- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 1

Tabela 3-Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 1

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,2034	0,3145	0,1111
2	N= 28	0,201	0,3065	0,1056
3	N= 29	0,2005	0,3087	0,1082
4	N= 27	0,1965	0,3011	0,1046
5	N= 26	0,1936	0,2976	0,104
6	N= 25	0,1914	0,2952	0,1039
7	N= 24	0,1875	0,2925	0,105
8	N= 23	0,1812	0,289	0,1078
9	N= 22	0,1735	0,2857	0,1122
10	N= 21	0,1636	0,2821	0,1185
11	N= 20	0,1554	0,28	0,1246
12	N= 19	0,1458	0,2777	0,1318
13	N= 18	0,1303	0,2734	0,1431
14	N= 17	0,1129	0,2682	0,1553
15	N= 16	0,1009	0,2645	0,1636
16	N= 15	0,0836	0,2583	0,1747
17	N= 14	0,0729	0,255	0,1821
18	N= 13	0,0644	0,2526	0,1882
19	N= 12	0,0539	0,2497	0,1957
20	N= 11	0,0435	0,2466	0,2031
21	N= 10	0,0223	0,2391	0,2168
22	N= 9	-0,0084	0,2308	0,2392
23	N= 8	-0,0194	0,2267	0,2461
24	N= 7	-0,0529	0,2203	0,2732
25	N= 6	-0,1126	0,2095	0,3221
26	N= 5	-0,2391	0,1916	0,4307
27	N= 4	-0,3421	0,1786	0,5207
28	N= 3	-0,6154	0,1518	0,7671
29	N= 2	-0,7282	0,1233	0,8515
30	N= 1	-0,76	0,1111	0,8711

Fonte: o autor

APÊNDICE B- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 2

Tabela 4-Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 2

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 8	0,1509	0,3159	0,165
2	N= 10	0,149	0,3081	0,1591
3	N= 11	0,1414	0,3031	0,1617
4	N= 7	0,1399	0,3189	0,179
5	N= 9	0,1392	0,3095	0,1702
6	N= 12	0,1294	0,2963	0,1668
7	N= 13	0,1175	0,2894	0,1718
8	N= 6	0,105	0,3188	0,2138
9	N= 14	0,1048	0,2823	0,1775
10	N= 15	0,093	0,2756	0,1825
11	N= 16	0,0838	0,27	0,1861
12	N= 17	0,0726	0,2634	0,1909
13	N= 18	0,0634	0,2575	0,194
14	N= 19	0,0535	0,2511	0,1976
15	N= 20	0,0413	0,244	0,2027
16	N= 21	0,0285	0,2368	0,2083
17	N= 22	0,0163	0,2302	0,2139
18	N= 23	0,0033	0,2235	0,2201
19	N= 5	0,0024	0,3123	0,31
20	N= 24	-0,0103	0,2168	0,2271
21	N= 25	-0,0248	0,2099	0,2347
22	N= 26	-0,04	0,2028	0,2428
23	N= 27	-0,055	0,1961	0,2511
24	N= 28	-0,0693	0,1902	0,2595
25	N= 4	-0,0777	0,3108	0,3885
26	N= 29	-0,0855	0,1831	0,2686
27	N= 30	-0,1005	0,1773	0,2778
28	N= 3	-0,3279	0,2955	0,6234
29	N= 2	-0,4178	0,2785	0,6963
30	N= 1	-0,4266	0,2778	0,7044

Fonte: o autor

APÊNDICE C- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 3

Tabela 5-Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 3

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,4307	0,5418	0,1111
2	N= 29	0,4153	0,5246	0,1093
3	N= 28	0,407	0,5151	0,1081
4	N= 27	0,388	0,4986	0,1106
5	N= 26	0,3724	0,4863	0,114
6	N= 25	0,3584	0,4765	0,1182
7	N= 24	0,3407	0,4659	0,1252
8	N= 23	0,3177	0,4537	0,136
9	N= 22	0,2915	0,4417	0,1502
10	N= 21	0,2605	0,4292	0,1687
11	N= 20	0,2333	0,42	0,1867
12	N= 19	0,2031	0,4103	0,2073
13	N= 18	0,1598	0,3964	0,2366
14	N= 17	0,1123	0,3804	0,2681
15	N= 16	0,0766	0,3675	0,291
16	N= 15	0,0294	0,3494	0,32
17	N= 14	-0,0034	0,3375	0,3409
18	N= 13	-0,0312	0,3276	0,3588
19	N= 12	-0,0635	0,3166	0,38
20	N= 11	-0,0955	0,3052	0,4007
21	N= 10	-0,1515	0,2841	0,4356
22	N= 9	-0,1886	0,2712	0,4597
23	N= 8	-0,222	0,2575	0,4796
24	N= 7	-0,2651	0,246	0,5111
25	N= 6	-0,3266	0,229	0,5556
26	N= 5	-0,4159	0,2062	0,6221
27	N= 4	-0,492	0,1857	0,6776
28	N= 3	-0,6454	0,1588	0,8043
29	N= 2	-0,726	0,1313	0,8573
30	N= 1	-0,7697	0,1111	0,8808

Fonte: o autor

APÊNDICE D- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 4

Tabela 6- Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 4

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 6	0,326	0,5566	0,2306
2	N= 7	0,3132	0,5417	0,2285
3	N= 5	0,3083	0,5683	0,26
4	N= 4	0,3011	0,5822	0,2811
5	N= 8	0,2888	0,5249	0,2361
6	N= 9	0,2541	0,507	0,2529
7	N= 1	0,2303	0,6111	0,3808
8	N= 10	0,2285	0,4911	0,2626
9	N= 3	0,2166	0,5899	0,3733
10	N= 2	0,205	0,5968	0,3918
11	N= 11	0,198	0,4746	0,2766
12	N= 12	0,163	0,4563	0,2932
13	N= 13	0,1282	0,4379	0,3097
14	N= 14	0,0925	0,4193	0,3269
15	N= 15	0,0577	0,4011	0,3434
16	N= 16	0,0255	0,384	0,3585
17	N= 17	-0,0088	0,366	0,3747
18	N= 18	-0,0409	0,3485	0,3894
19	N= 19	-0,0738	0,3307	0,4044
20	N= 20	-0,109	0,3121	0,4211
21	N= 21	-0,1448	0,2934	0,4382
22	N= 22	-0,1799	0,2753	0,4552
23	N= 23	-0,2159	0,2571	0,473
24	N= 24	-0,2525	0,2389	0,4914
25	N= 25	-0,29	0,2205	0,5105
26	N= 26	-0,3282	0,2019	0,5301
27	N= 27	-0,3662	0,1837	0,5499
28	N= 28	-0,4034	0,1664	0,5698
29	N= 29	-0,4427	0,1477	0,5904
30	N= 30	-0,4806	0,1305	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE E- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 5

Tabela 7- Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 5

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,2406	0,5184	0,2778
2	N= 28	0,2399	0,5032	0,2633
3	N= 29	0,2367	0,5069	0,2702
4	N= 27	0,2323	0,4924	0,2601
5	N= 26	0,2282	0,4859	0,2577
6	N= 25	0,2257	0,4818	0,2561
7	N= 24	0,2195	0,4769	0,2574
8	N= 23	0,208	0,4705	0,2625
9	N= 22	0,1933	0,4643	0,2709
10	N= 21	0,1739	0,4575	0,2837
11	N= 20	0,1581	0,454	0,2959
12	N= 19	0,1394	0,4501	0,3107
13	N= 18	0,1076	0,4419	0,3343
14	N= 17	0,0716	0,4317	0,36
15	N= 16	0,0474	0,4246	0,3772
16	N= 15	0,0117	0,4122	0,4005
17	N= 14	-0,0096	0,406	0,4156
18	N= 13	-0,0259	0,4018	0,4278
19	N= 12	-0,0467	0,3966	0,4433
20	N= 11	-0,0672	0,391	0,4582
21	N= 10	-0,1117	0,3756	0,4874
22	N= 9	-0,1311	0,37	0,5011
23	N= 8	-0,1531	0,3621	0,5152
24	N= 7	-0,1785	0,3574	0,5359
25	N= 6	-0,2161	0,3479	0,564
26	N= 5	-0,2629	0,3342	0,5971
27	N= 4	-0,3025	0,3214	0,6239
28	N= 3	-0,3731	0,3061	0,6792
29	N= 2	-0,4145	0,2905	0,705
30	N= 1	-0,4412	0,2778	0,719

Fonte: o autor

APÊNDICE F- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ARRUDA, CENÁRIO 6

Tabela 8- Rankings das alternativas no estádio Arruda, cenário 6

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 4	0,2262	0,5858	0,3596
2	N= 1	0,2254	0,6111	0,3857
3	N= 5	0,2198	0,5756	0,3558
4	N= 6	0,2189	0,5663	0,3474
5	N= 7	0,2071	0,5545	0,3475
6	N= 2	0,2061	0,6008	0,3946
7	N= 3	0,2016	0,5934	0,3918
8	N= 8	0,1874	0,5404	0,3529
9	N= 9	0,164	0,5272	0,3632
10	N= 10	0,1416	0,5136	0,372
11	N= 11	0,1284	0,5039	0,3755
12	N= 12	0,1043	0,4897	0,3854
13	N= 13	0,0803	0,4754	0,3951
14	N= 14	0,0543	0,4606	0,4063
15	N= 15	0,0305	0,4466	0,4161
16	N= 16	0,0133	0,4356	0,4222
17	N= 17	-0,0091	0,4221	0,4312
18	N= 18	-0,0262	0,41	0,4362
19	N= 19	-0,0451	0,397	0,4422
20	N= 20	-0,0701	0,3821	0,4522
21	N= 21	-0,0963	0,367	0,4633
22	N= 22	-0,1209	0,3533	0,4742
23	N= 23	-0,1477	0,3394	0,4871
24	N= 24	-0,1759	0,3256	0,5015
25	N= 25	-0,2065	0,3111	0,5177
26	N= 26	-0,2388	0,2963	0,5351
27	N= 27	-0,2704	0,2825	0,5529
28	N= 28	-0,3004	0,2707	0,5711
29	N= 29	-0,3353	0,2557	0,5909
30	N= 30	-0,3669	0,2442	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE G- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 1

Tabela 9-Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 1

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,2342	0,3453	0,1111
2	N= 29	0,2309	0,3392	0,1083
3	N= 28	0,2286	0,3349	0,1063
4	N= 27	0,2271	0,3319	0,1047
5	N= 26	0,2265	0,3302	0,1037
6	N= 25	0,2238	0,3277	0,1039
7	N= 24	0,2192	0,3248	0,1055
8	N= 23	0,2134	0,3219	0,1084
9	N= 22	0,2049	0,3185	0,1136
10	N= 21	0,1906	0,3135	0,123
11	N= 20	0,1773	0,31	0,1327
12	N= 19	0,163	0,3058	0,1428
13	N= 18	0,1498	0,3017	0,1519
14	N= 17	0,1427	0,2997	0,157
15	N= 16	0,1262	0,2936	0,1674
16	N= 15	0,1036	0,2844	0,1808
17	N= 14	0,0997	0,2832	0,1835
18	N= 13	0,0739	0,2738	0,1998
19	N= 12	0,0665	0,2718	0,2053
20	N= 11	0,0492	0,2662	0,217
21	N= 10	0,0375	0,2626	0,2251
22	N= 9	-0,0118	0,2481	0,26
23	N= 8	-0,0723	0,2338	0,3061
24	N= 7	-0,1021	0,2255	0,3276
25	N= 6	-0,1992	0,2092	0,4083
26	N= 5	-0,3745	0,1814	0,5559
27	N= 4	-0,5304	0,1583	0,6887
28	N= 3	-0,6467	0,1415	0,7882
29	N= 2	-0,6939	0,1272	0,8212
30	N= 1	-0,7579	0,1111	0,869

Fonte: o autor

APÊNDICE H- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 2

Tabela 10-Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 2

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 10	0,1614	0,3301	0,1687
2	N= 11	0,15	0,3235	0,1735
3	N= 12	0,1408	0,3177	0,1769
4	N= 9	0,1373	0,3272	0,19
5	N= 14	0,132	0,31	0,178
6	N= 13	0,1277	0,3104	0,1827
7	N= 15	0,1175	0,3024	0,185
8	N= 16	0,1104	0,2981	0,1876
9	N= 17	0,1009	0,2925	0,1915
10	N= 8	0,0984	0,323	0,2246
11	N= 7	0,0923	0,3258	0,2335
12	N= 18	0,0877	0,2852	0,1975
13	N= 19	0,0768	0,2788	0,202
14	N= 20	0,0665	0,2725	0,206
15	N= 21	0,0557	0,2658	0,2101
16	N= 22	0,0453	0,2597	0,2144
17	N= 23	0,0326	0,253	0,2204
18	N= 24	0,0189	0,2462	0,2273
19	N= 6	0,0166	0,3184	0,3018
20	N= 25	0,0046	0,2393	0,2347
21	N= 26	-0,0104	0,2322	0,2426
22	N= 27	-0,0263	0,2249	0,2511
23	N= 28	-0,0418	0,218	0,2598
24	N= 29	-0,057	0,2117	0,2686
25	N= 30	-0,0717	0,2061	0,2778
26	N= 5	-0,1331	0,3021	0,4352
27	N= 4	-0,266	0,2905	0,5565
28	N= 3	-0,3593	0,2852	0,6445
29	N= 2	-0,3835	0,2824	0,666
30	N= 1	-0,4245	0,2778	0,7023

Fonte: o autor

APÊNDICE I- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 3

Tabela 11- Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 3

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,4508	0,5619	0,1111
2	N= 29	0,4342	0,5438	0,1096
3	N= 28	0,42	0,5297	0,1097
4	N= 27	0,4076	0,5186	0,1109
5	N= 26	0,3971	0,5103	0,1131
6	N= 25	0,3819	0,5002	0,1182
7	N= 24	0,3627	0,4891	0,1264
8	N= 23	0,3407	0,4781	0,1374
9	N= 22	0,3127	0,4661	0,1534
10	N= 21	0,2721	0,4506	0,1786
11	N= 20	0,2337	0,4383	0,2046
12	N= 19	0,193	0,4245	0,2315
13	N= 18	0,1549	0,4109	0,256
14	N= 17	0,13	0,4018	0,2717
15	N= 16	0,0846	0,3838	0,2993
16	N= 15	0,0255	0,3589	0,3334
17	N= 14	0,0079	0,3518	0,3439
18	N= 13	-0,0287	0,3376	0,3663
19	N= 12	-0,0543	0,3287	0,383
20	N= 11	-0,1015	0,3117	0,4132
21	N= 10	-0,1364	0,2992	0,4356
22	N= 9	-0,1945	0,2777	0,4723
23	N= 8	-0,2472	0,2608	0,508
24	N= 7	-0,2921	0,2431	0,5353
25	N= 6	-0,3608	0,2288	0,5896
26	N= 5	-0,4774	0,2016	0,679
27	N= 4	-0,5776	0,1764	0,754
28	N= 3	-0,6597	0,1542	0,8139
29	N= 2	-0,7104	0,1331	0,8435
30	N= 1	-0,7688	0,1111	0,8799

Fonte: o autor

APÊNDICE J- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 4

Tabela 12- Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 4

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 7	0,291	0,5442	0,2532
2	N= 6	0,2865	0,5564	0,27
3	N= 8	0,2648	0,5282	0,2634
4	N= 9	0,2527	0,515	0,2623
5	N= 5	0,2467	0,5637	0,317
6	N= 10	0,2352	0,5017	0,2664
7	N= 1	0,2312	0,6111	0,3799
8	N= 2	0,2206	0,5986	0,378
9	N= 4	0,2155	0,573	0,3575
10	N= 3	0,2024	0,5852	0,3828
11	N= 11	0,2008	0,4836	0,2827
12	N= 12	0,1687	0,4663	0,2976
13	N= 13	0,1325	0,4475	0,315
14	N= 14	0,1047	0,4321	0,3274
15	N= 15	0,0672	0,413	0,3459
16	N= 16	0,0371	0,3972	0,36
17	N= 17	0,0047	0,3801	0,3754
18	N= 18	-0,0316	0,3613	0,3929
19	N= 19	-0,0654	0,3434	0,4089
20	N= 20	-0,0987	0,3256	0,4243
21	N= 21	-0,1325	0,3075	0,44
22	N= 22	-0,1659	0,2899	0,4558
23	N= 23	-0,2016	0,2717	0,4732
24	N= 24	-0,2383	0,2533	0,4916
25	N= 25	-0,2756	0,235	0,5105
26	N= 26	-0,3136	0,2164	0,53
27	N= 27	-0,3524	0,1975	0,5499
28	N= 28	-0,3909	0,1792	0,5701
29	N= 29	-0,4291	0,1614	0,5904
30	N= 30	-0,4668	0,1443	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE K- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 5

Tabela 13- Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 5

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,2531	0,5309	0,2778
2	N= 29	0,2481	0,5186	0,2705
3	N= 26	0,2455	0,5024	0,2568
4	N= 28	0,2454	0,5103	0,2649
5	N= 27	0,2445	0,5049	0,2604
6	N= 25	0,2418	0,498	0,2562
7	N= 24	0,2341	0,4927	0,2586
8	N= 23	0,2236	0,4874	0,2638
9	N= 22	0,2071	0,4812	0,2741
10	N= 21	0,1779	0,4715	0,2935
11	N= 20	0,1511	0,4649	0,3138
12	N= 19	0,1218	0,4568	0,335
13	N= 18	0,0952	0,4489	0,3537
14	N= 17	0,0819	0,4456	0,3637
15	N= 16	0,0479	0,4334	0,3855
16	N= 15	0,0003	0,4142	0,4139
17	N= 14	-0,0058	0,4129	0,4186
18	N= 13	-0,0263	0,4061	0,4324
19	N= 12	-0,0404	0,403	0,4434
20	N= 11	-0,0761	0,3918	0,4679
21	N= 10	-0,0995	0,385	0,4845
22	N= 9	-0,1368	0,3716	0,5084
23	N= 8	-0,164	0,3635	0,5274
24	N= 7	-0,1928	0,3524	0,5451
25	N= 6	-0,2258	0,3479	0,5737
26	N= 5	-0,2875	0,3324	0,6199
27	N= 4	-0,3367	0,3177	0,6545
28	N= 3	-0,3788	0,3042	0,683
29	N= 2	-0,4083	0,2912	0,6994
30	N= 1	-0,4408	0,2778	0,7186

Fonte: o autor

APÊNDICE L- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO, CENÁRIO 6

Tabela 14- Rankings das alternativas no estádio Ilha do Retiro, cenário 6

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 1	0,2258	0,6111	0,3853
2	N= 2	0,2124	0,6015	0,3891
3	N= 6	0,2056	0,5662	0,3606
4	N= 7	0,196	0,553	0,3571
5	N= 3	0,1959	0,5916	0,3957
6	N= 5	0,1952	0,5737	0,3785
7	N= 4	0,1919	0,5821	0,3901
8	N= 8	0,1773	0,5417	0,3644
9	N= 9	0,1613	0,5298	0,3684
10	N= 10	0,1482	0,52	0,3717
11	N= 11	0,1254	0,5063	0,3809
12	N= 12	0,1082	0,4947	0,3865
13	N= 13	0,0812	0,4794	0,3982
14	N= 14	0,0588	0,4664	0,4076
15	N= 15	0,0281	0,4503	0,4222
16	N= 16	0,0163	0,4423	0,426
17	N= 17	-0,0017	0,4311	0,4328
18	N= 18	-0,0291	0,4159	0,445
19	N= 19	-0,0504	0,4028	0,4532
20	N= 20	-0,0705	0,3898	0,4603
21	N= 21	-0,0918	0,376	0,4678
22	N= 22	-0,112	0,3637	0,4757
23	N= 23	-0,1379	0,3498	0,4877
24	N= 24	-0,1666	0,3355	0,5021
25	N= 25	-0,1965	0,3212	0,5177
26	N= 26	-0,2282	0,3065	0,5347
27	N= 27	-0,2621	0,2909	0,553
28	N= 28	-0,2952	0,2766	0,5718
29	N= 29	-0,3274	0,2637	0,5911
30	N= 30	-0,3585	0,2526	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE M- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 1

Tabela 15- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 1

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,2436	0,3547	0,1111
2	N= 26	0,2432	0,3457	0,1026
3	N= 29	0,2431	0,3512	0,1081
4	N= 28	0,2426	0,3483	0,1057
5	N= 27	0,2413	0,3456	0,1043
6	N= 25	0,2356	0,3407	0,105
7	N= 24	0,2275	0,336	0,1085
8	N= 23	0,2192	0,3324	0,1132
9	N= 22	0,2111	0,3295	0,1184
10	N= 21	0,203	0,3271	0,1241
11	N= 20	0,1885	0,3228	0,1343
12	N= 19	0,1683	0,3157	0,1474
13	N= 18	0,1586	0,3123	0,1537
14	N= 17	0,1373	0,303	0,1657
15	N= 16	0,1305	0,3002	0,1697
16	N= 15	0,1219	0,2969	0,175
17	N= 14	0,1105	0,2925	0,182
18	N= 13	0,0989	0,2881	0,1892
19	N= 12	0,0946	0,2875	0,1929
20	N= 11	0,0771	0,283	0,2059
21	N= 10	0,0537	0,2782	0,2245
22	N= 9	-0,0101	0,2624	0,2724
23	N= 8	-0,0374	0,2542	0,2916
24	N= 7	-0,0746	0,2487	0,3233
25	N= 6	-0,3095	0,2132	0,5227
26	N= 5	-0,4854	0,1835	0,669
27	N= 4	-0,6197	0,1576	0,7773
28	N= 3	-0,673	0,1333	0,8063
29	N= 2	-0,698	0,123	0,8211
30	N= 1	-0,7424	0,1111	0,8535

Fonte: o autor

APÊNDICE N- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 2

Tabela 16- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 2

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 11	0,1771	0,3399	0,1628
2	N= 10	0,1751	0,344	0,1689
3	N= 12	0,168	0,3337	0,1657
4	N= 13	0,1536	0,3259	0,1722
5	N= 14	0,1422	0,3196	0,1774
6	N= 9	0,1389	0,3402	0,2013
7	N= 8	0,1349	0,3433	0,2083
8	N= 15	0,1306	0,3133	0,1826
9	N= 16	0,118	0,3066	0,1886
10	N= 7	0,1179	0,3464	0,2285
11	N= 17	0,1046	0,2996	0,195
12	N= 18	0,097	0,2953	0,1983
13	N= 19	0,0848	0,2886	0,2038
14	N= 20	0,0768	0,2834	0,2066
15	N= 21	0,0665	0,2771	0,2106
16	N= 22	0,0537	0,27	0,2163
17	N= 23	0,0408	0,2631	0,2223
18	N= 24	0,028	0,2565	0,2285
19	N= 25	0,0152	0,2503	0,2351
20	N= 26	0,0021	0,2443	0,2422
21	N= 27	-0,0147	0,2362	0,251
22	N= 28	-0,0303	0,2293	0,2596
23	N= 29	-0,0462	0,2223	0,2685
24	N= 30	-0,0621	0,2157	0,2778
25	N= 6	-0,0911	0,3224	0,4135
26	N= 5	-0,244	0,3043	0,5482
27	N= 4	-0,3553	0,2898	0,645
28	N= 3	-0,3856	0,277	0,6626
29	N= 2	-0,3876	0,2782	0,6659
30	N= 1	-0,409	0,2778	0,6868

Fonte: o autor

APÊNDICE O- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 3

Tabela 17- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 3

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 30	0,4545	0,5656	0,1111
2	N= 29	0,4441	0,5532	0,109
3	N= 28	0,4338	0,5423	0,1085
4	N= 27	0,4217	0,5318	0,11
5	N= 26	0,4166	0,5273	0,1107
6	N= 25	0,3909	0,5116	0,1207
7	N= 24	0,3638	0,4967	0,1329
8	N= 23	0,3363	0,4843	0,148
9	N= 22	0,3093	0,4733	0,1639
10	N= 21	0,2823	0,4634	0,1811
11	N= 20	0,2412	0,4494	0,2081
12	N= 19	0,1877	0,4292	0,2415
13	N= 18	0,1571	0,4171	0,26
14	N= 17	0,101	0,392	0,291
15	N= 16	0,077	0,3814	0,3044
16	N= 15	0,0488	0,3693	0,3205
17	N= 14	0,0145	0,3551	0,3406
18	N= 13	-0,0202	0,3409	0,3611
19	N= 12	-0,0389	0,335	0,3738
20	N= 11	-0,0866	0,3204	0,407
21	N= 10	-0,1216	0,3112	0,4328
22	N= 9	-0,1932	0,288	0,4811
23	N= 8	-0,236	0,2703	0,5063
24	N= 7	-0,2741	0,2614	0,5355
25	N= 6	-0,4187	0,2306	0,6493
26	N= 5	-0,5279	0,2025	0,7304
27	N= 4	-0,6182	0,1761	0,7943
28	N= 3	-0,6717	0,1504	0,8221
29	N= 2	-0,7123	0,1312	0,8434
30	N= 1	-0,7617	0,1111	0,8728

Fonte: o autor

APÊNDICE P- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 4

Tabela 18- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 4

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 7	0,3034	0,5545	0,2512
2	N= 8	0,2808	0,5374	0,2566
3	N= 9	0,2535	0,5213	0,2678
4	N= 10	0,2424	0,5086	0,2662
5	N= 1	0,2383	0,6111	0,3728
6	N= 6	0,2365	0,5582	0,3217
7	N= 2	0,2188	0,5967	0,3779
8	N= 11	0,2134	0,4912	0,2777
9	N= 5	0,1963	0,5646	0,3683
10	N= 3	0,1904	0,5815	0,3911
11	N= 12	0,1813	0,4734	0,2921
12	N= 4	0,175	0,5727	0,3977
13	N= 13	0,144	0,4541	0,3102
14	N= 14	0,1095	0,4364	0,3268
15	N= 15	0,075	0,4186	0,3435
16	N= 16	0,0394	0,4004	0,361
17	N= 17	0,003	0,3819	0,3789
18	N= 18	-0,0275	0,3661	0,3937
19	N= 19	-0,0627	0,3479	0,4107
20	N= 20	-0,0938	0,3312	0,425
21	N= 21	-0,127	0,3134	0,4404
22	N= 22	-0,1629	0,2948	0,4577
23	N= 23	-0,1987	0,2764	0,4752
24	N= 24	-0,2345	0,2583	0,4928
25	N= 25	-0,2703	0,2407	0,511
26	N= 26	-0,3064	0,2231	0,5295
27	N= 27	-0,3462	0,2036	0,5498
28	N= 28	-0,3848	0,1851	0,5699
29	N= 29	-0,4236	0,1667	0,5903
30	N= 30	-0,4625	0,1486	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE Q- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 5

Tabela 19- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 5

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 26	0,2624	0,5167	0,2544
2	N= 28	0,2566	0,5202	0,2637
3	N= 27	0,256	0,5154	0,2595
4	N= 29	0,2553	0,5253	0,27
5	N= 30	0,2542	0,532	0,2778
6	N= 25	0,2481	0,5068	0,2587
7	N= 24	0,2325	0,4977	0,2651
8	N= 23	0,2165	0,4909	0,2744
9	N= 22	0,201	0,4857	0,2846
10	N= 21	0,1855	0,4815	0,296
11	N= 20	0,1559	0,4733	0,3173
12	N= 19	0,1139	0,4589	0,345
13	N= 18	0,0948	0,4525	0,3578
14	N= 17	0,0502	0,4331	0,383
15	N= 16	0,0377	0,4283	0,3906
16	N= 15	0,0209	0,422	0,401
17	N= 14	-0,0018	0,4135	0,4154
18	N= 13	-0,025	0,405	0,4301
19	N= 12	-0,0322	0,4049	0,4371
20	N= 11	-0,0684	0,3961	0,4644
21	N= 10	-0,088	0,3935	0,4815
22	N= 9	-0,1359	0,3785	0,5144
23	N= 8	-0,163	0,3674	0,5304
24	N= 7	-0,1813	0,3655	0,5468
25	N= 6	-0,2548	0,3486	0,6034
26	N= 5	-0,3077	0,3328	0,6404
27	N= 4	-0,353	0,3176	0,6706
28	N= 3	-0,3836	0,3027	0,6863
29	N= 2	-0,409	0,2904	0,6994
30	N= 1	-0,438	0,2778	0,7158

Fonte: o autor

APÊNDICE R- RANKINGS DAS ALTERNATIVAS NO ESTÁDIO AFLITOS, CENÁRIO 6

Tabela 20- Rankings das alternativas no estádio Aflitos, cenário 6

Ranking das alternativas	Nº de clusters	Fluxo líquido	Fluxo positivo	Fluxo negativo
1	N= 1	0,2286	0,6111	0,3825
2	N= 2	0,2116	0,6007	0,3891
3	N= 7	0,2036	0,5609	0,3573
4	N= 3	0,1911	0,5901	0,399
5	N= 6	0,1819	0,567	0,385
6	N= 8	0,1815	0,5455	0,364
7	N= 4	0,1757	0,5819	0,4062
8	N= 5	0,1751	0,5741	0,3991
9	N= 9	0,1619	0,5341	0,3722
10	N= 10	0,1547	0,5251	0,3704
11	N= 11	0,1316	0,5099	0,3783
12	N= 12	0,1146	0,4972	0,3826
13	N= 13	0,0844	0,4805	0,3961
14	N= 14	0,0615	0,4677	0,4061
15	N= 15	0,0384	0,4548	0,4163
16	N= 16	0,0126	0,4409	0,4283
17	N= 17	-0,0151	0,4264	0,4416
18	N= 18	-0,0283	0,4185	0,4468
19	N= 19	-0,0531	0,4047	0,4578
20	N= 20	-0,0674	0,3945	0,4619
21	N= 21	-0,0874	0,3816	0,4689
22	N= 22	-0,1137	0,3667	0,4805
23	N= 23	-0,1401	0,3524	0,4925
24	N= 24	-0,1663	0,3387	0,505
25	N= 25	-0,1927	0,3262	0,5188
26	N= 26	-0,2196	0,314	0,5336
27	N= 27	-0,2559	0,2967	0,5526
28	N= 28	-0,2891	0,2821	0,5712
29	N= 29	-0,3231	0,2677	0,5908
30	N= 30	-0,357	0,2541	0,6111

Fonte: o autor

APÊNDICE S- COORDENADAS DOS 7 CENTROS NO ESTÁDIO AFLITOS

Quadro 5-Coordenadas dos 7 centros no estádio Aflitos

Latitude	Longitude
-8,0394	-34,8894
-8,03287	-34,9058
-8,04364	-34,9083
-8,03203	-34,8951
-8,05049	-34,9001
-8,04139	-34,8984
-8,04743	-34,8906

Fonte: o autor

APÊNDICE T- COORDENADAS DOS 11 CENTROS NO ESTÁDIO AFLITOS

Quadro 6-Coordenadas dos 11 centros no estádio Aflitos.

Latitude	Longitude
-8,04364	-34,9083
-8,0427	-34,8992
-8,03973	-34,8861
-8,05032	-34,8958
-8,02866	-34,8961
-8,05035	-34,9014
-8,04099	-34,8921
-8,03287	-34,9058
-8,03539	-34,897
-8,04722	-34,8901
-8,03448	-34,8912

Fonte: o autor

APÊNDICE U- COORDENADAS DOS 8 CENTROS NO ESTÁDIO ARRUDA

Quadro 7-Coordenadas dos 8 centros no estádio Arruda.

Latitude	Longitude
-8,03059	-34,8821
-8,02717	-34,8982
-8,01617	-34,8864
-8,03749	-34,893
-8,02242	-34,9006
-8,01983	-34,894
-8,02847	-34,8917
-8,02148	-34,8866

Fonte: o autor

APÊNDICE V- COORDENADAS DOS 6 CENTROS NO ESTÁDIO ARRUDA

Quadro 8-Coordenadas dos 6 centros no estádio Arruda

Latitude	Longitude
-8,01862	-34,8865
-8,02479	-34,8994
-8,03749	-34,893
-8,03059	-34,8821
-8,01983	-34,894
-8,02847	-34,8917

Fonte: o autor

APÊNDICE W- COORDENADAS DOS 7 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO

Quadro 9-Coordenadas dos 7 centros no estádio ilha do Retiro.

Latitude	Longitude
-8,07357	-34,9062
-8,05487	-34,8985
-8,06437	-34,8928
-8,05502	-34,9111
-8,06144	-34,9028
-8,07146	-34,8964
-8,06473	-34,9112

Fonte: o autor

APÊNDICE X- COORDENADAS DOS 10 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO

Quadro 10-Coordenadas dos 10 centros no estádio ilha do retiro

Latitude	Longitude
-8,06473	-34,9112
-8,06153	-34,9035
-8,07133	-34,8961
-8,05608	-34,8981
-8,05608	-34,9124
-8,06589	-34,8916
-8,07306	-34,9082
-8,06188	-34,8956
-8,07416	-34,9016
-8,05144	-34,9046

Fonte: o autor

APÊNDICE Y- COORDENADAS DOS 11 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO

Quadro 11-Coordenadas dos 11 centros no estádio ilha do Retiro

Latitude	Longitude
-8,05608	-34,9124
-8,07133	-34,8961
-8,05608	-34,8981
-8,06153	-34,9035
-8,06589	-34,8916
-8,07306	-34,9082
-8,06473	-34,9112
-8,05238	-34,9077
-8,06188	-34,8956
-8,05049	-34,9015
-8,07416	-34,9016

Fonte: o autor

APÊNDICE Z- COORDENADAS DOS 6 CENTROS NO ESTÁDIO ILHA DO RETIRO

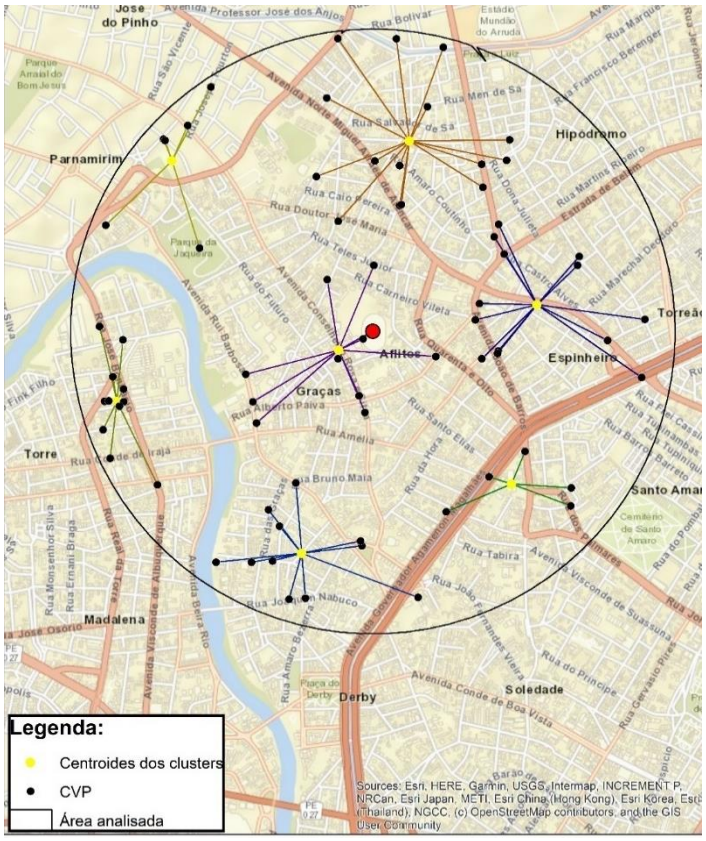
Quadro 12-Coordenadas dos 6 centros no estádio ilha do Retiro

Latitude	Longitude
-8,06437	-34,89283
-8,05579	-34,91124
-8,06144	-34,90283
-8,07181	-34,89699
-8,05487	-34,89850
-8,07000	-34,90931

Fonte: o autor

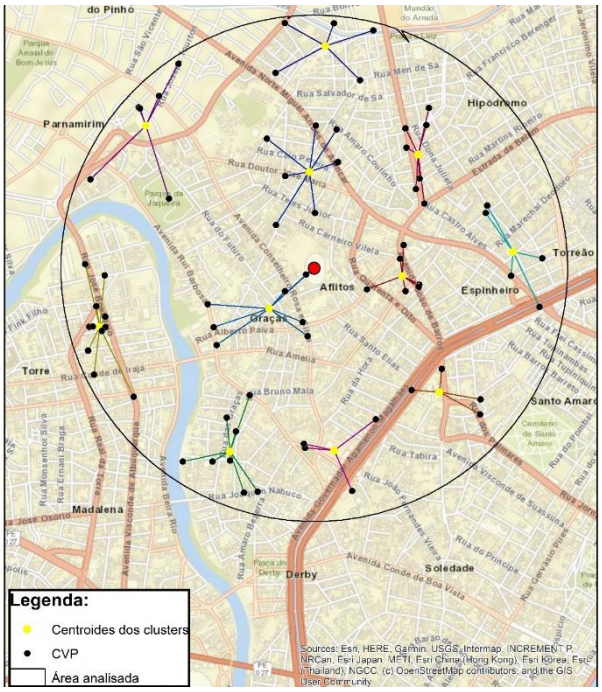
APÊNDICE AA – VISUALIZAÇÃO DOS MAPAS DE DISTRIBUIÇÃO DE CENTRÓIDES.

Figura 6-Distribuição dos centróides ao redor do estádio aflitos com 7 centros



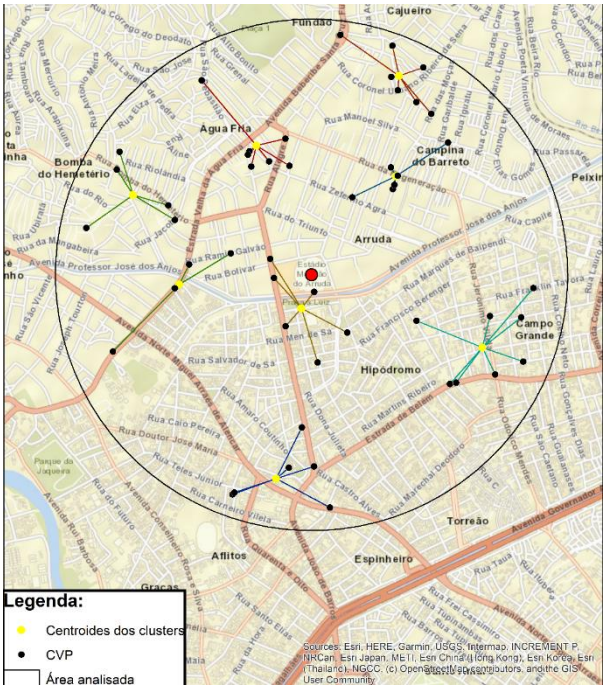
Fonte: o autor

Figura 7-Distribuição dos centróides ao redor do estádio aflitos com 11 centros



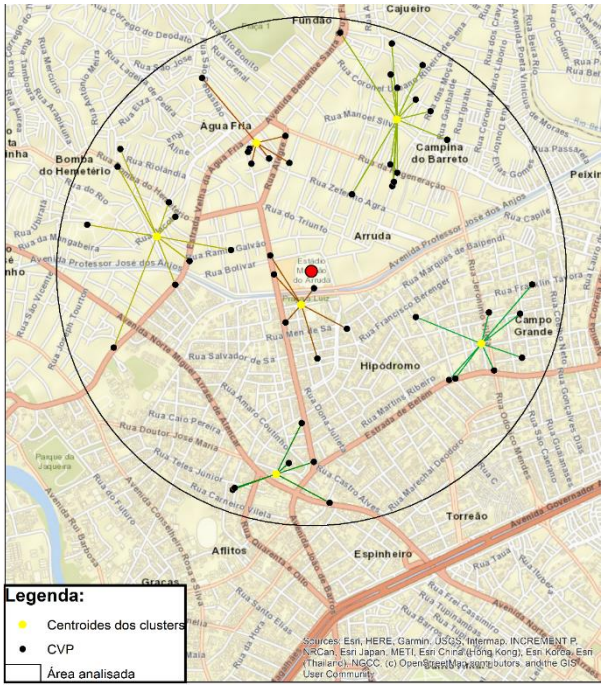
Fonte: o autor

Figura 8-Distribuição dos centróides ao redor do estádio arruda com 8 centros



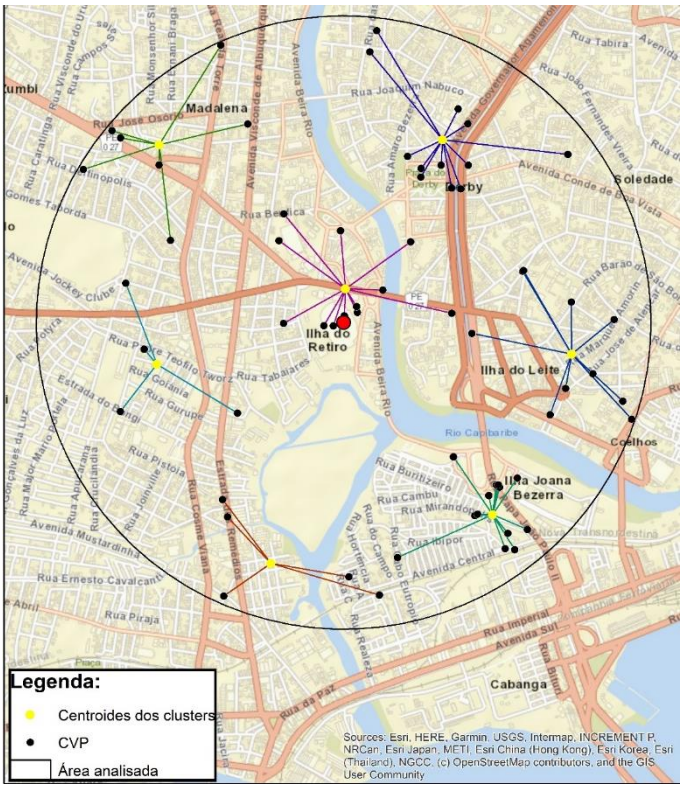
Fonte: o autor

Figura 9-Distribuição dos centróides ao redor do estádio arruda com 6 centros



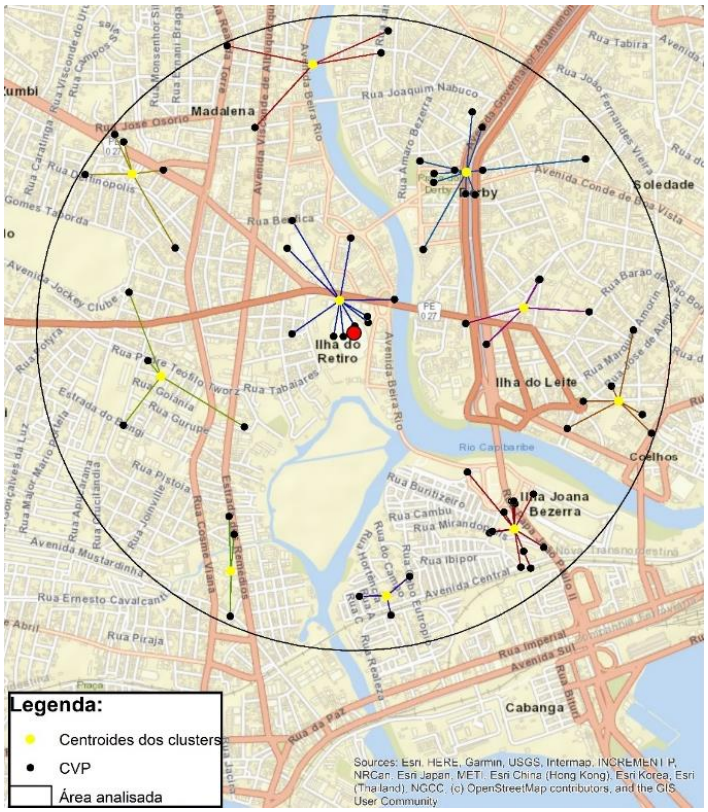
Fonte: o autor

Figura 10-Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 7 centros



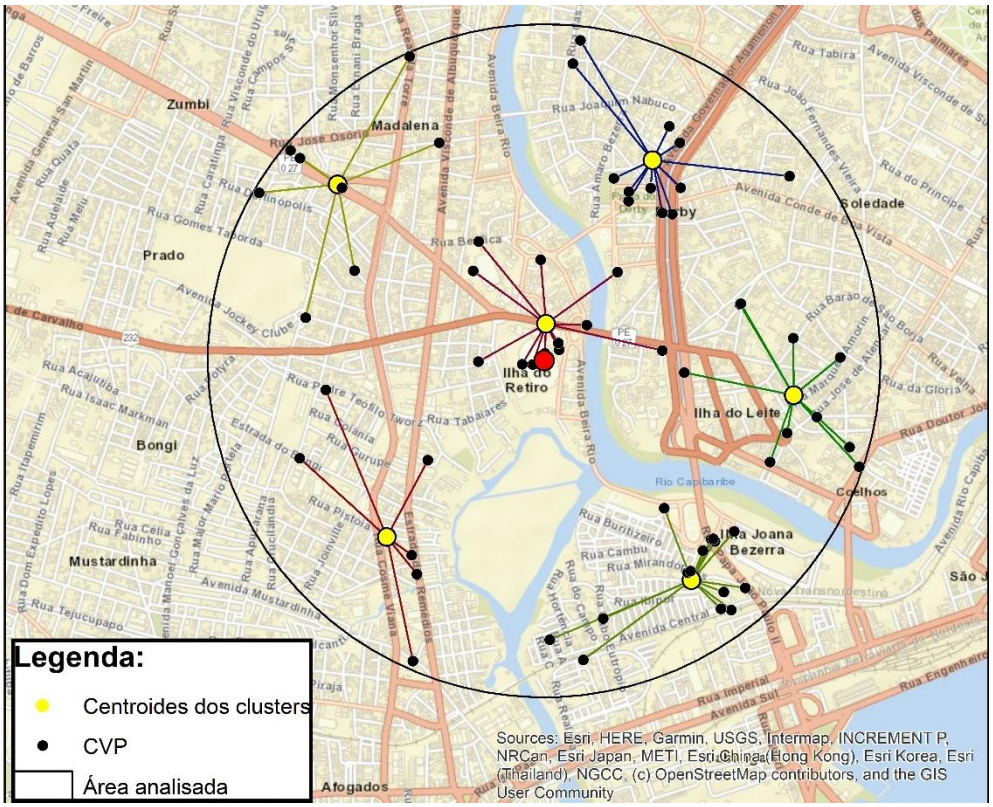
Fonte: o autor

Figura 11-Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 10 centros



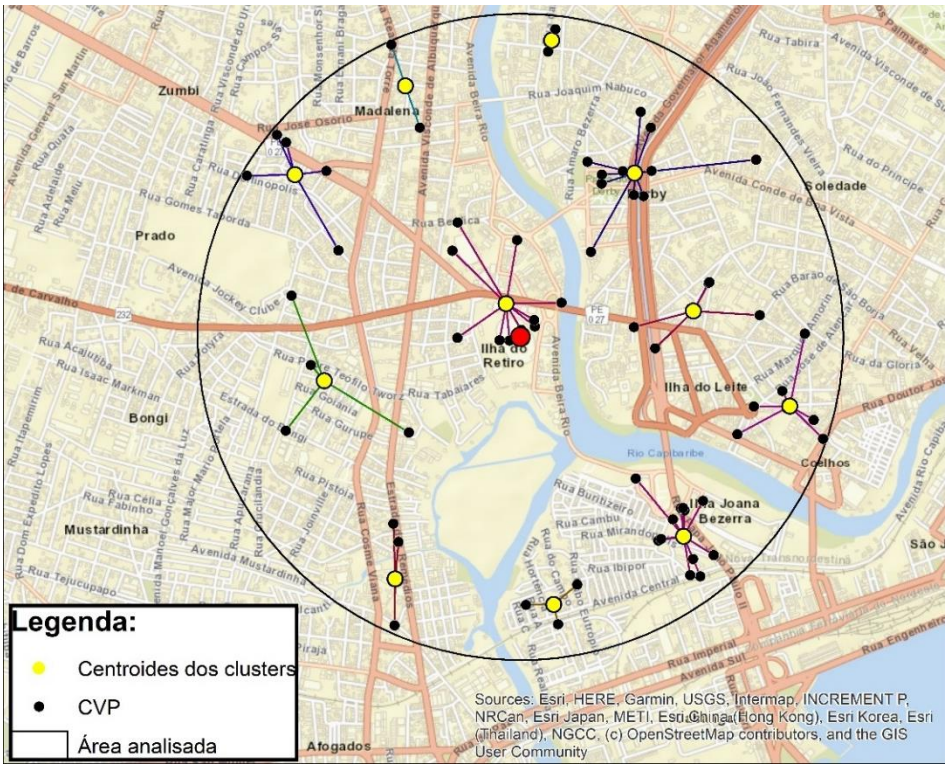
Fonte: o autor

Figura 12-Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 6 centros



Fonte: o autor

Figura 13--Distribuição dos centróides ao redor do estádio ilha do Retiro com 11 centros



Fonte: o autor

APÊNDICE AB – DIAS E LOCAIS DOS JOGOS.

Quadro 13-Dias e locais dos jogos

(continua)

Time1	Time2	Data	Hora	Estádio
Náutico	Petrolina	30/01/2019	21:30:00	Aflitos
Náutico	Vitória	06/02/2019	21:00:00	Aflitos
Náutico	Flamengo Arcoverde	16/02/2019	17:00:00	Aflitos
Náutico	Salgueiro	27/02/2019	21:30:00	Aflitos
Náutico	Santa Cruz	17/03/2019	16:00:00	Aflitos
Náutico	Vitoria	20/03/2019	21:30:00	Aflitos
Náutico	Afogados	03/04/2019	19:15:00	Aflitos
Náutico	Sport	14/04/2019	16:00:00	Aflitos
Náutico	Sport	19/01/2020	16:00:00	Aflitos
Retrô	Santa Cruz	21/01/2020	20:00:00	Aflitos
Náutico	Decisão	29/01/2020	21:30:00	Aflitos
Náutico	Afogados	10/02/2020	20:00:00	Aflitos
Náutico	Central	21/02/2020	19:15:00	Aflitos
Náutico	Retrô	08/03/2020	16:00:00	Aflitos
Náutico	Central	27/02/2021	16:00:00	Aflitos
Náutico	Vera Cruz	21/03/2021	16:00:00	Aflitos
Náutico	Vitória	27/03/2021	19:00:00	Aflitos
Náutico	Santa Cruz	18/04/2021	16:00:00	Aflitos
Santa Cruz	Salgueiro	21/04/2021	20:00:00	Aflitos
Santa Cruz	Vitória	18/01/2018	21:00:00	Arruda
Santa Cruz	Central	25/01/2018	21:00:00	Arruda
Santa Cruz	Náutico	17/02/2018	19:30:00	Arruda
Santa Cruz	Pesqueira	25/02/2018	17:00:00	Arruda
Santa Cruz	Belo Jardim	04/03/2018	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	América-Pe	20/01/2019	17:00:00	Arruda
Santa Cruz	Afogados	29/01/2019	21:30:00	Arruda
Santa Cruz	Sport	17/02/2019	17:00:00	Arruda
Santa Cruz	Vitória	14/03/2019	19:30:00	Arruda
Santa Cruz	Afogados	27/03/2019	19:15:00	Arruda
Santa Cruz	Petrolina	18/01/2020	19:00:00	Arruda
Santa Cruz	Vitória	02/02/2020	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	Salgueiro	11/02/2020	20:00:00	Arruda

Quadro 13-Dias e locais dos jogos

(conclusão)

Time1	Time2	Data	Hora	Estádio
Santa Cruz	Náutico	01/03/2020	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	Decisão	15/03/2020	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	Vitória	24/02/2021	21:30:00	Arruda
Vitória	Vera Cruz	08/03/2021	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	Vera Cruz	07/04/2021	18:00:00	Arruda
Santa Cruz	Afogados	05/05/2021	21:00:00	Arruda
Santa Cruz	Sport	14/03/2021	16:00:00	Arruda
Santa Cruz	Salgueiro	02/08/2020	16:00:00	Arruda
Sport	Afogados	20/01/2018	19:30:00	Ilha Do Retiro
Sport	Pesqueira	29/01/2018	21:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	América-Pe	18/02/2018	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Vitória	24/02/2018	18:30:00	Ilha Do Retiro
Sport	Santa Cruz	07/03/2018	21:45:00	Ilha Do Retiro
Sport	SANTA CRUZ	14/03/2018	21:45:00	Ilha Do Retiro
Sport	Salgueiro	02/04/2018	20:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Flamengo Arcoverde	19/01/2019	17:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Náutico	27/01/2019	17:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Petrolina	10/02/2019	17:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Afogados	28/02/2019	15:30:00	Ilha Do Retiro
Sport	Salgueiro	13/03/2019	19:15:00	Ilha Do Retiro
Sport	Petrolina	24/03/2019	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Salgueiro	07/04/2019	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Náutico	21/04/2019	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Retrô	04/02/2020	19:15:00	Ilha Do Retiro
Sport	Afogados	29/02/2020	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Santa Cruz	19/07/2020	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Central	28/03/2021	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Vitoria	14/04/2021	21:30:00	Ilha Do Retiro
Sport	Náutico	02/05/2021	16:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Salgueiro	10/05/2021	20:00:00	Ilha Do Retiro
Sport	Náutico	16/05/2021	16:00:00	Ilha Do Retiro

Fonte: Super Esportes(2023)

APÊNDICE AC – DISTÂNCIAS DOS CENTRÓIDES AOS CVP NOS ESTÁDIOS.

Tabela 21-Distâncias do centróide aos CVP no estádio Aflitos.

Número de clusters	Distância Média	Desvio Padrão	Distância Mínima	Primeiro Quartil (25%)	Segundo Quartil (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Distância Máxima
1	986,48	366,73	57,72	728,69	1045,77	1270,00	1497,07
2	725,15	335,66	171,66	492,08	650,06	977,76	1476,73
3	583,40	228,85	91,10	466,94	589,60	752,48	1221,39
4	478,34	227,47	73,98	294,99	534,65	637,96	983,73
5	417,56	199,70	57,35	236,00	441,55	557,65	768,20
6	366,04	179,13	26,98	230,29	381,71	528,90	692,34
7	315,57	156,60	26,98	192,15	313,51	454,66	632,18
8	290,33	146,71	26,98	172,59	297,14	378,77	617,21
9	266,32	128,36	26,98	170,09	280,22	348,26	617,21
10	238,85	118,10	26,98	143,99	245,91	309,90	617,21
11	225,19	107,58	26,98	143,03	214,04	296,74	461,02
12	207,80	106,25	11,89	127,04	183,43	284,97	461,02
13	200,08	90,82	11,89	127,04	183,43	276,42	391,64
14	189,36	88,57	11,89	119,54	171,17	267,95	391,64
15	178,81	85,12	11,89	118,51	165,04	245,53	391,64
16	170,29	77,43	11,89	117,08	157,40	227,29	353,53
17	163,43	71,18	11,89	117,08	149,98	208,32	353,53
18	150,81	76,75	11,60	110,68	135,79	202,79	353,53
19	143,39	69,99	11,60	107,02	135,38	194,42	309,09
20	132,83	71,67	11,60	87,09	129,33	176,55	309,09
21	125,16	70,26	11,60	68,83	120,56	157,39	309,09
22	119,63	66,44	11,60	68,83	119,70	149,98	263,40
23	113,76	65,09	11,60	66,59	119,06	147,64	263,40
24	107,37	64,16	0,00	54,02	115,86	141,55	263,40
25	101,03	62,86	0,00	44,66	107,64	135,29	263,40
26	94,44	62,43	0,00	42,24	96,10	135,02	263,40
27	91,78	56,81	0,00	44,19	94,96	134,26	229,41
28	87,52	55,26	0,00	44,02	81,96	131,42	224,04
29	83,65	53,02	0,00	43,72	80,49	124,98	224,04
30	79,45	51,76	0,00	41,29	70,03	123,42	211,16

Fonte: o autor

Tabela 22-Distâncias do centróide aos CVP no estádio Ilha do Retiro.

Número de clusters	Distância Média	Desvio Padrão	Distância Mínima	Primeiro Quartil (25%)	Segundo Quartil (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Distância Máxima
1	970	380,78	230,98	800,65	943,80	1197,03	1739,26
2	656,09	360,73	60,61	377,43	630,73	963,44	1384,52
3	538,95	305,20	81,30	295,96	531,84	711,90	1278,84
4	462,07	206,39	72,50	318,30	454,13	580,15	976,70
5	381,65	211,86	71,26	195,04	355,27	534,13	909,64
6	307,57	177,17	24,56	170,35	255,21	432,42	709,98
7	280,64	152,81	73,82	146,54	239,91	393,13	623,94
8	255,94	143,16	73,82	146,54	210,63	342,09	623,94
9	237,28	125,91	55,66	141,95	203,56	310,95	567,28
10	215,19	112,83	55,66	128,94	171,95	285,37	567,28
11	200,42	107,36	54,81	127,68	170,13	257,48	567,28
12	182,29	108,04	18,39	113,30	153,81	224,53	567,28
13	172,26	96,99	18,39	110,32	151,25	216,34	567,28
14	162,63	86,46	0,00	106,32	142,87	214,88	388,13
15	156,14	76,63	0,00	110,32	140,73	203,44	358,60
16	140,51	83,10	0,00	66,51	130,73	203,44	358,60
17	129,65	80,56	0,00	62,86	124,00	192,84	313,46
18	123,52	74,16	0,00	62,54	122,87	165,89	312,99
19	115,49	72,00	0,00	54,81	120,58	162,40	312,99
20	107,67	69,24	0,00	47,81	113,57	151,25	259,98
21	100,32	65,50	0,00	45,27	97,54	143,25	251,29
22	92,68	63,30	0,00	43,41	87,98	142,87	251,29
23	86,79	62,16	0,00	39,35	69,46	136,42	251,29
24	81,77	60,32	0,00	32,81	69,46	133,75	234,02
25	77,02	58,61	0,00	29,35	64,76	124,00	234,02
26	72,79	56,19	0,00	25,70	62,86	113,18	208,63
27	69,20	53,12	0,00	25,70	62,54	113,18	192,84
28	65,22	50,43	0,00	25,70	62,54	93,46	163,02
29	60,50	48,62	0,00	23,20	54,81	87,98	157,09
30	55,04	47,99	0,00	7,61	51,07	85,83	157,09

Fonte: o autor

Tabela 23-Distâncias do centróide aos CVP no estádio Arruda.

Número de clusters	Distância Média	Desvio Padrão	Distância Mínima	Primeiro Quartil (25%)	Segundo Quartil (50%)	Terceiro Quartil (75%)	Distância Máxima
1	947,98	354,62	210,63	660,33	1033,22	1255,07	1485,29
2	696,56	293,49	55,32	486,06	694,96	929,34	1446,40
3	533,81	244,73	161,06	360,86	474,27	683,18	1091,77
4	410,81	188,19	97,10	265,46	397,48	498,64	997,93
5	358,36	150,32	97,37	265,56	316,90	427,43	841,13
6	294,63	138,40	52,43	199,75	270,36	360,04	703,36
7	252,20	144,56	10,41	148,07	247,26	332,28	703,36
8	227,70	125,69	10,41	128,88	235,95	294,92	553,29
9	206,96	125,47	10,41	96,12	199,42	286,68	553,29
10	192,49	115,62	0,00	89,54	186,36	274,67	498,68
11	170,31	119,13	0,00	80,13	155,68	244,41	498,68
12	158,29	111,94	0,00	80,13	145,36	241,18	418,55
13	147,02	102,23	0,00	77,32	138,23	213,91	418,55
14	137,66	88,11	0,00	81,61	120,99	201,08	360,33
15	128,33	84,33	0,00	54,65	113,33	187,49	328,87
16	117,29	82,81	0,00	49,64	102,30	180,49	328,87
17	109,38	77,68	0,00	48,19	100,26	166,74	290,75
18	100,19	74,24	0,00	46,81	90,74	157,33	267,29
19	92,38	70,35	0,00	35,48	86,66	151,49	267,29
20	86,93	63,86	0,00	35,48	86,66	140,27	213,77
21	81,75	57,07	0,00	35,48	86,66	126,90	212,45
22	75,87	55,63	0,00	29,12	71,14	123,90	172,10
23	70,51	53,61	0,00	22,98	64,28	120,68	172,10
24	65,55	51,87	0,00	17,30	56,07	109,01	164,95
25	61,25	49,47	0,00	12,53	55,19	101,27	155,85
26	57,44	46,83	0,00	11,15	54,47	91,72	154,99
27	53,19	44,35	0,00	8,70	53,90	82,60	151,78
28	48,16	42,61	0,00	3,73	52,71	75,00	151,78
29	45,01	38,80	0,00	3,73	46,81	73,88	123,30
30	40,27	36,36	0,00	0,00	43,92	61,36	110,81

Fonte: o autor