

# **APLICAÇÃO DE ALGORITMO GENÉTICO PARA O PROBLEMA DE ALOCAÇÃO DE PONTOS DE ACESSO EM UMA REDE SEM FIO**

**Willen Borges Coelho**

IFES – Instituto Federal do Espírito Santo, Cachoeiro de Itapemirim - ES  
e-mail: willen@ifes.edu.br

**Italo de Oliveira Matias**

UCAM – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes - RJ  
e-mail: italo@ucam-campos.br

**Bruno Missi Xavier**

UCAM – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes - RJ  
e-mail: bmissix@gmail.com

**Alcione Dias da Silva**

UCAM – Universidade Cândido Mendes, Campos dos Goytacazes - RJ  
e-mail: diasalcione@gmail.com

## **RESUMO**

As redes locais sem fio fornecem as mesmas funcionalidades das redes convencionais com fio, porém, com maior flexibilidade, mobilidade, simplicidade e compatibilidade com diversos equipamentos, e o mais importante, prover conectividade com a internet, que tem se tornado uma ferramenta importante em pesquisas e trabalhos de diversas áreas. Pensando nisso, foi proposto o desafio encontrar o melhor posicionamento para as antenas de transmissão dentro do IFES - Instituto Federal do Espírito Santo campus Cachoeiro de Itapemirim, que por possui uma área superior a 25 mil metros quadrados torna a tarefa complexa. Por isso, a proposta desse trabalho foi solucionar o problema de localização de antenas no IFES, que consiste no atendimento do maior número de clientes (pontos de demandas) e na utilização do menor número de antenas (pontos de facilidades), considerando as restrições de alcance de transmissão e o menor número de sobreposição de sinal. Para isso aplicou-se matematicamente o processo de adaptação dos sistemas naturais, utilizando a heurística algoritmo genético. A ferramenta demonstrou resultados satisfatórios, fornecendo auxílio na tomada de decisão, quanto à avaliação da utilização do menor número de access points e na maior cobertura das demandas. Além disso, com a aplicação da ferramenta via web, possibilita o seu uso por outros campi, todavia sem necessitar que o profissional responsável possua conhecimento de algoritmo genético ou de programação.

**PALAVRAS CHAVE:** Problema de localização; Heurísticas; Algoritmos genéticos; Wireless.

## **ABSTRACT**

The wireless local area networks provide the same functionality of conventional wired networks, but with greater flexibility, mobility, simplicity and compatibility with various equipment, and most importantly, providing connectivity to the internet, which has become an important tool in research and papers in various areas. Thinking about it, it was proposed the challenge to find the best placement for the transmitting antennas within the IFES - Instituto Federal do Espírito Santo campus Cachoeiro de Itapemirim, which has an area greater than 25 square meters makes the complex task.

Therefore, the purpose of this paper was to solve the problem of locating antennas at IFES, which consists in serving the largest number of customers (demand point) and use the smallest number of antennas (facilities point), considering the constraints of transmission range and smallest number of overlapping signal. For this applied mathematically the process of adaptation of natural systems, using the heuristic genetic algorithm. The tool demonstrated satisfactory results, providing aid in decision making, regarding the evaluation of the use of the smallest number of access points and greater coverage of demands. Moreover, with the use of the tool via a web browser, enables its use by other campuses, but without requiring the professional responsible genetic algorithm has knowledge or programming.

**KEYWORDS:** Location problem; Heuristics; Genetic Algorithms; Wireless.

## 1. Introdução

A localização de pontos de facilidades pode ser associada a melhor localização de hospitais, escolas, indústrias, depósitos, antenas, dentre outros, tornando sua investigação um problema atual. Encontrar a localização ideal para os pontos de facilidade é uma tarefa trivial quando o problema é de pequeno porte e o número de demandas é baixo, permitindo solucionar através do algoritmo exato, aplicando o método exaustivo, que combina todas as soluções possíveis. Entretanto, para problemas de grande porte, no qual o número de demandas é elevado, faz-se necessário a utilização de métodos baseados em heurísticas e metaheurísticas em sua resolução, pois conseguem boas soluções em tempos computacionais aceitáveis, tendo em vista a complexidade do problema.

A manutenção de uma rede convencional com fio é muitas das vezes complexa e impossibilita, por exemplo, que se coloque uma mesa onde não haja uma tomada de rede ou que se tenha um número de computadores superior ao número de tomadas de rede em determinada sala, obrigando em alguns casos que se execute uma obra para ampliação, demandando um alto custo e uma paralisação temporária do local.

A tecnologia de redes locais sem fio, também denominada *Wireless Local Area Network* (WLAN), permite fornecer as mesmas funcionalidades das redes convencionais com fio, porém, com maior flexibilidade, mobilidade, simplicidade e compatibilidade com diversos equipamentos, como por exemplo: *notebooks*, *smartphones*, *tablets* e videogames. O padrão que especifica a comunicação entre dispositivos *wireless* é o IEEE 802.11, promovido pelo IEEE (*Institute of Electrical and Electronic Engineers*). A diminuição de custos tem acelerado o seu crescimento, com isso, o Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Espírito Santo (IFES) campus Cachoeiro de Itapemirim elaborou uma meta de conceder acesso à rede interna e internet para alunos, professores e visitantes através da tecnologia de rede sem fio. Porém, devido as variáveis envolvidas para a tomada de decisão, como por exemplo, localização de instalação das antenas, alcance de transmissão do sinal, qualidade do sinal, locais de demanda, dentre outros, tornam o problema complexo.

Ao se comparar uma rede convencional com fio e uma sem fio, percebe-se que esta última também possui deficiências, sendo uma delas decorrente da utilização de ondas eletromagnéticas como meio de transmissão, tendo desta forma limite na área de abrangência do sinal, além da perda de sinal ao atravessar obstáculos. Portanto, para uma maior área de cobertura é necessário que os pontos de facilidades (antenas) estejam em locais com maior número de demandas (clientes) sendo atendidos e com menor número de obstáculos.

Solucionar o problema de localização de antenas é o que motiva a implementação de uma ferramenta com base em inteligência computacional. O objetivo é o atendimento do maior número de demandas e a utilização do menor número de facilidades, sendo que o número máximo de antenas disponíveis no Ifes campus Cachoeiro são 10, considerando as restrições de alcance de transmissão das facilidades e também possibilitar que a ferramenta possa ser utilizada por profissionais sem nenhum conhecimento de programação, algoritmo ou heurísticas.

O presente trabalho traz a proposta de uma ferramenta para solucionar o problema de localização de antenas no IFES. Para isso aplicou-se matematicamente o processo de adaptação dos sistemas naturais, utilizando a heurística algoritmo genético, introduzido inicialmente por HOLLAND (1975). Permitindo o desenvolvimento de sistemas artificiais (simulados por computador) que evoluíssem de geração em geração, de modo que as características importantes fossem sendo mantidos nos indivíduos, inspirados na teoria evolutiva de Darwin.

## 2. Problema de Localização

É possível localizar esses pontos utilizando o Problema das  $p$ -Medianas (*p-Median Problem* - PMP), que inicialmente foi proposto por HAKIMI (1964). O objetivo do PMP é localizar  $p$  vértices (facilidades) em um grafo contendo  $n$  vértices (demandas), de tal forma a

minimizar o somatório das distâncias de cada facilidade até a mediana mais próxima. Entretanto, de acordo com CHURCH; REVELLE (1976), na versão original do PMP, não há restrição em relação à distância de um grupo de demandas para o ponto de facilidade mais próximo, mas sim a menor distância média de um grupo de demandas em relação ao seu ponto de facilidade. Exigindo, dessa forma, que todos os pontos de demanda sejam atendidos, contudo nem sempre a facilidade possui capacidade de alcance suficiente para garantir a cobertura total à demanda, por isso é necessário a utilização de um limite no raio de alcance da antena, na Figura 1 é apresentada uma solução com o PMP e outra com o PMP com o raio de alcance máximo. Este problema tem sido denominado como o problema de p-Mediana com restrição de distância máxima ou Problema de Localização de Máxima Cobertura - PLMC (KHUMAWALA, 1973).

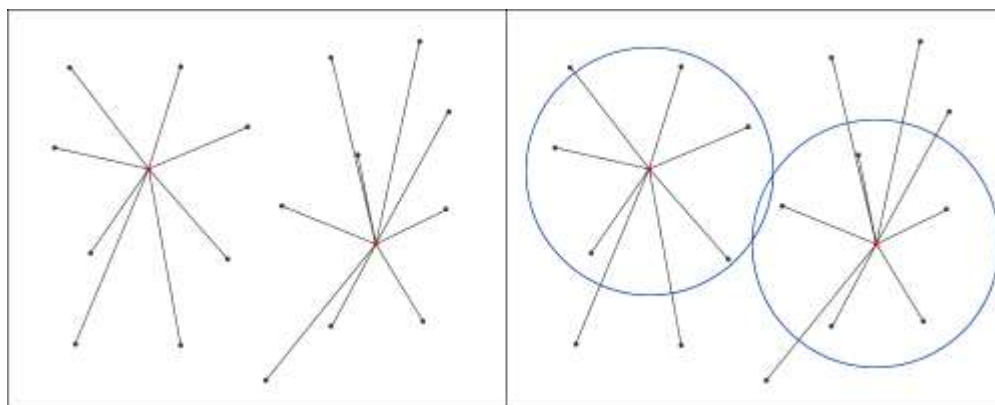


Figura 1 - Exemplo de solução do PMP sem e com o raio de alcance máximo

O PLMC consiste em escolher a melhor localização para instalar os pontos de facilidade de forma que o maior número de pontos de demandas seja coberto, isto é, maximizar a cobertura dentro de uma desejada distância  $T$  localizando um número fixo de facilidades, como pode ser visualizado na Figura 2. Assegurando dessa forma, que as demandas sejam atendidas com qualidade, pois não existem antenas de transmissão com alcance ilimitado.

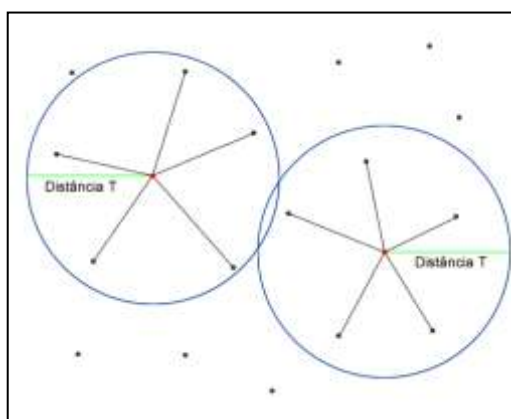


Figura 2 - Exemplo de configuração do PLMC

Pode-se encontrar na literatura uma diversificada aplicação do PLMC para a localização de facilidades, dentre eles: localização das bases de ambulância para atendimento médico (AZIZAN et al., 2012), localização de abrigos em caso de evento catastrófico em uma cidade (REN et al., 2009), localização de postos de combustíveis alternativos no estado da Flórida (LIM; KUBY, 2010) e também na localização de instalações para atender uma emergência no caso de ataque bio-terrorista de grande escala de antraz na cidade de Los Angeles (MURALI; ORDÓÑEZ; DESSOUKY, 2012).

O PLMC pertence à classe NP-difícil (*non-deterministic polynomial time hard - NP-hard*) e possui ordem de complexidade exponencial, isto é, para sua resolução é necessário

um esforço computacional que cresce exponencialmente com o tamanho do problema (GAREY; JOHNSON, 1979; SHEN; ZHAN; ZHANG, 2011). Em função da sua complexidade, diversos métodos de otimização têm sido desenvolvidos para o PLMC, dentre eles: relaxação Lagrangeana (GALVÃO; REVELLE, 1996), utilizando busca tabu (ADENSO-DÍAZ; RODRÍGUEZ, 1997), algoritmo guloso (CHURCH; REVELLE, 1974) e utilizando AG (JARAMILLO; BHADURY; BATA, 2002).

Como uma alternativa para a resolução do PLMC, algoritmos evolucionários podem ser levados em consideração. Entre eles, o conceito de Algoritmo Genético (AG), inspirado na teoria de Darwin na sobrevivência do mais forte. Os AGs pertencem à classe dos algoritmos probabilísticos, pois combinam elementos da busca direta e estocástica. Devido a isso, os AGs são também mais robustos que os métodos existentes de pesquisa direta, e visam problemas complexos. Outra propriedade importante dos métodos de pesquisa do AG, é que eles mantêm uma população de potenciais soluções, distinta de todos os outros métodos que processam um único ponto do espaço de busca.

### 3. Algoritmo genético

O AG foi sugerido inicialmente por HOLLAND (1975), em seu trabalho intitulado “*Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence*”, no qual se utiliza dos mecanismos naturais de evolução das espécies para solucionar diversos problemas práticos de busca e otimização. Esses problemas podem ser resolvidos através de algoritmos exatos, ou seja, aplicando o método exaustivo, que verifica todas as combinações possíveis. Entretanto, devido à sua complexidade e o tempo computacional necessário para a definição do melhor resultado, opta-se por utilizar métodos heurísticos para alcançar soluções satisfatórias, em um tempo computacional aceitável. Após o trabalho de Holland, diversos conteúdos na literatura (DAVIS, 1991; GOLDBERG, D.E., 1989; MICHALEWICZ, 1996) e em trabalhos (BEASLEY; BULL; MARTIN, 1993; BEASLEY; MARTIN; BULL, 1993; SRINIVAS; PATNAIK, 1994; WHITLEY, 1994) tornaram-se disponíveis.

Na figura 3 é apresentado o pseudocódigo da estrutura do *Evolution Program* (EP) proposto por HOLLAND (1975). O pseudocódigo exposto pode ser considerado genérico para um AG, devido às muitas implementações encontradas na literatura e a variedade de operadores incorporados atualmente, porém serviu de contribuição para todos os sistemas baseados em evolução.

<b>Procedimento EP</b>
01 $t \leftarrow 0$ ;
02 Inicializar $P(t)$ ;
03 Avaliar $P(t)$ ;
04 <b>enquanto</b> (critério de parada não for alcançado) <b>faça</b>
05 $t \leftarrow t + 1$ ;
06     Seleciona $P(t)$ de $P(t - 1)$ ;
07     Altera $P(t)$ ;
08     Avaliar $P(t)$ ;
09 <b>fim enquanto</b> ;
10 <b>fim procedimento</b>

Figura 3 - Estrutura de um *evolution program* [1]

MAN; TANG; KWONG (1996) descreve que o AG é inspirado nos mecanismos naturais, mais especificamente, em um processo biológico em que os indivíduos mais fortes são provavelmente os vencedores em um ambiente de competição, sendo isso uma analogia direta à evolução natural. Presume-se que a solução de um potencial problema é um indivíduo

e pode ser representado por um conjunto de parâmetros. Esses parâmetros são considerados como os genes de um cromossomo e pode ser estruturado por uma sequência de valores na forma binária. Um valor positivo, comumente conhecido como fitness, é empregado para avaliar o cromossomo escolhido para resolver o problema, e este valor está diretamente relacionado com a sua função objetivo.

Segundo MICHALEWICZ (1996), os AGs pertencem à classe dos algoritmos probabilísticos, mas eles são muito diferentes dos problemas aleatórios, pois combinam elementos da busca direta e estocástica. Devido a isso, os AGs são também mais robustos que os métodos existentes de pesquisa direta, e visam problemas complexos. Outra propriedade importante dos métodos de pesquisa do AG, é que eles mantêm uma população de potenciais soluções, distinta de todos os outros métodos que processam um único ponto do espaço de busca.

LINDEN (2008) destaca em seu livro, a importância da representação cromossomial para o AG, pois através dela é possível uma maneira de traduzir a informação do nosso problema, em uma maneira viável, que possa ser calculada pelo computador. Cada pedaço indivisível desta representação é chamado de um gene, formando um indivíduo ou cromossomo com a união de todos os genes. Sendo assim, um problema que possui 40 pontos de demandas e 5 pontos de facilidades, será formado por um cromossomo de 45 genes, sendo diferenciado pelo valor binário do gene (0, 1), conforme exemplo mostrado na Figura 4. Caso o gene seja demanda terá o valor 0 (zero) e caso o gene seja facilidade terá valor 1 (um).

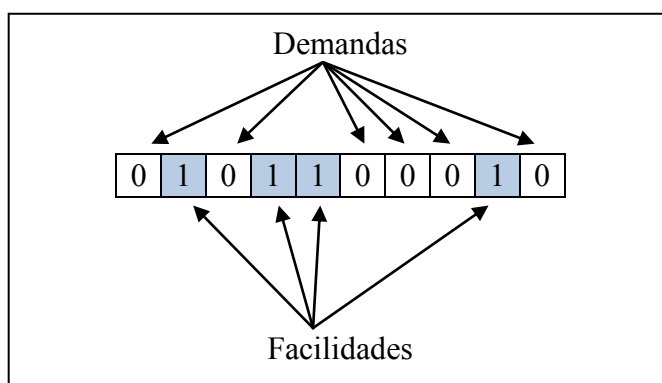


Figura 4 - Exemplo de representação cromossomial

A implementação do AG inicia com a criação de uma população aleatória de indivíduos. Esses indivíduos são, então, submetidos a um processo avaliativo, de modo que os melhores indivíduos tenham probabilidade maior de serem escolhidos para a próxima geração, proporcionando o que na natureza é denominado de "sobrevivência do mais forte".

Os indivíduos escolhidos, finalmente são selecionados para os dois operadores genéticos clássicos, descrito por MICHALEWICZ (1996) como: *crossover* e mutação. Esses métodos são necessários para que seja possível o surgimento de novos indivíduos e se consiga gerar populações sucessivas que melhorem sua aptidão com o tempo. Dessa forma, os novos indivíduos herdam as características de seus pais, ou seja, a população é diversificada e mantém características de adaptação adquiridas pelas gerações anteriores. Possibilitando também que soluções melhores possam ser encontradas, evitando que a busca convirja para máximos locais pobres ou de baixa qualidade, isto é, ampliando a varredura da busca para todo conjunto solução, procurando sempre por resultados melhores.

#### 4. Metodologia

A solução consiste no desenvolvimento de uma ferramenta que utiliza técnicas baseadas em algoritmos genéticos para a solução do problema de alocação de antenas para provimento de acesso a rede sem fio dentro do Ifes campus Cachoeiro de Itapemirim. O Ifes possui uma área superior a 25.000m<sup>2</sup>, composta por 14 blocos, e mais de 100 servidores, entre

administrativo e professores. Além disso, atende cerca de 1200 alunos, podendo chegar a 1800. Diante deste cenário é necessário que a instituição disponibilize acesso à rede se fio para que alunos, servidores e visitantes possam conectar-se a rede interna e internet.

Por se tratar de um problema com dimensões complexa, faz se necessário o desenvolvimento de uma ferramenta para auxiliar a equipe de TI a alocar de maneira inteligente e eficiente as antenas que permitem acesso à rede interna e a internet. Além disso, a ferramenta precisa possuir interface intuitiva e simples, permitindo que profissionais sem conhecimento de programação, heurísticas ou algoritmo genético possam utilizá-lo.

Para realizar o cálculo do resultado é necessário obter informações das distâncias de todas as demandas. Para isso utilizou-se a imagem da planta estrutural em escala de 1:250 do Ifes campus Cachoeiro de Itapemirim. A imagem foi convertida para o formato monocromático, de forma que o desenho original da planta fique diferenciado, permitindo a ferramenta realizar uma varredura de toda a imagem, pixel a pixel, a fim de obter os exatos pontos de demanda, que na imagem estão destacados na cor vermelha, de forma que possa ser diferenciado dos outros pixels presentes na imagem, conforme Figura 5.

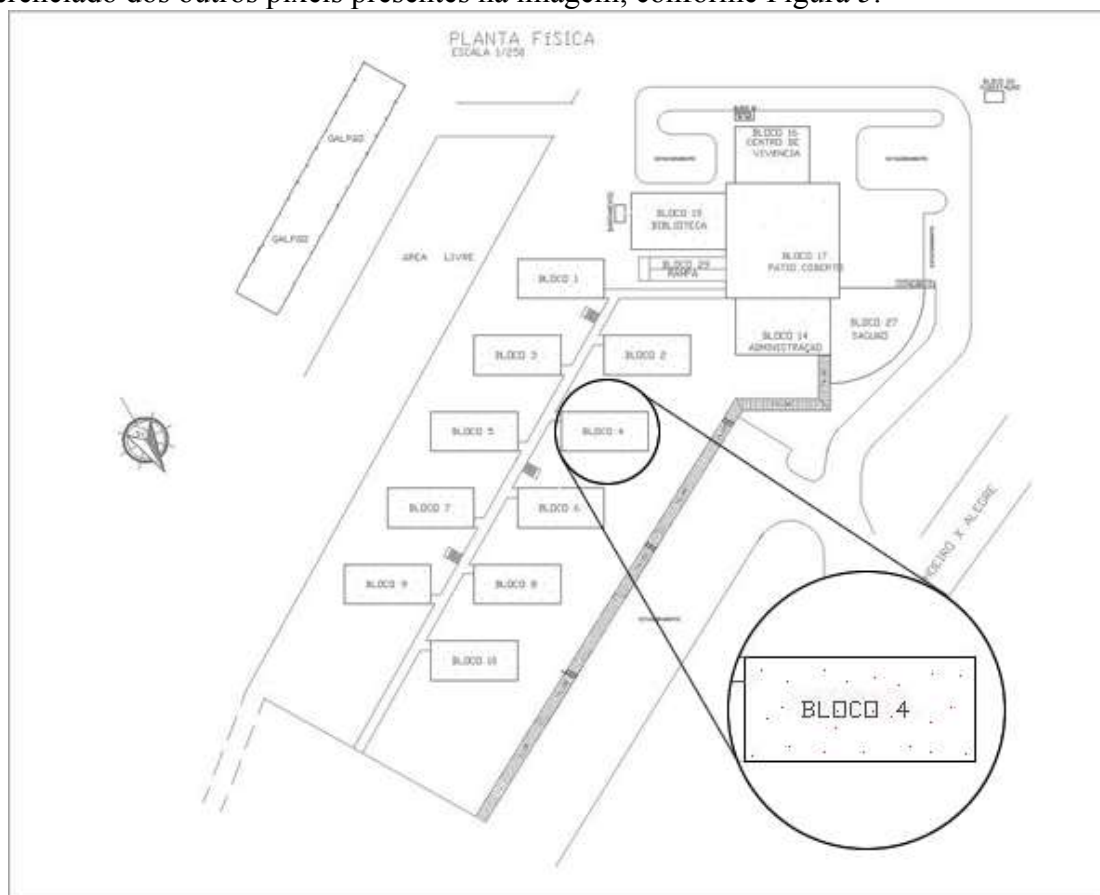


Figura 5 – Planta estrutural do Ifes

Com a imagem da planta monocromática e também com os pontos de demanda definidos, é possível montar uma matriz com a localização de todos os pontos de demandas no plano cartesiano, contendo sua posição exata em relação ao plano x y, de acordo com a Tabela 1.

Tabela 1 - Matriz de localização

<b>Demandas</b>	<b>Eixo X</b>	<b>Eixo Y</b>
1	120	82
2	257	325
3	311	168
4	404	473
5	520	290

Através da matriz, que contém a localização dos pontos de demanda, é possível calcular a distância euclidiana entre os pontos, formando uma nova matriz com a distância entre todos os pontos. Considerando os pontos A = (x<sub>A</sub>, y<sub>A</sub>) e B (x<sub>B</sub>, y<sub>B</sub>), a distância d<sub>AB</sub> entre A e B pode ser calculado através da fórmula contida na Figura 6.

$$d_{AB} = \sqrt{(x_B - x_A)^2 + (y_B - y_A)^2}$$

Figura 6 - Fórmula do Teorema de Pitágoras

Com a matriz de distância, que pode ser visualizada na Tabela 2, no qual contém a distância entre todos os pontos de demandas, obtidos a partir de uma imagem, a ferramenta inicia o processo de cálculo com base nos algoritmos evolucionários.

Tabela 2 - Matriz de distâncias

<b>Demandas</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
1	0	411	250	131	344
2	411	0	210	402	178
3	250	210	0	200	94
4	131	402	200	0	282
5	344	178	94	282	0

#### 4.1. Modificações nos mecanismos do AG

Foram propostas mudanças nos operadores utilizados no AG descrito originalmente por MICHALEWICZ (1996), estas mudanças se fazem necessárias devido à diferença da quantidade de pontos de demandas e o número máximo de pontos de facilidade. A imagem utilizada no trabalho possui 287 pontos de demanda, sendo que no máximo 10 pontos podem ser eleitos como facilidade. A função *randon*, utilizada para gerar valores randômicos, quando se trata de valores binários (0,1), tem uma probabilidade de 50%. Logo, a probabilidade dos indivíduos possuírem mais de 10 pontos de facilidade é alta, devido à quantidade de bits presentes no indivíduo.

Portanto, a primeira mudança altera a forma como os indivíduos são gerados, eles continuam sendo gerados aleatoriamente, mas respeitando um percentual de 5% de bits ativados (pontos de facilidades), essa mudança se faz necessária, pois um indivíduo gerado aleatoriamente, com a função *random*, tende a ter 50% de bits ativados, gerando uma população inicial com uma quantidade de facilidades muito acima do aceitável como solução para o problema.

A segunda mudança adiciona uma função de viabilidade logo após o indivíduo ser alterado pela mutação. A função de viabilidade tem como finalidade verificar se o indivíduo respeita a quantidade de bits ativados (pontos de facilidade) dentro do indivíduo, isto é, devido ao maior número de bits não ativados (bits com valor igual a 0) a chance que esses bits sejam alterados para valor 1 é maior, fazendo com que os indivíduos sujeitos a mutação



terminem com um número de facilidades acima do aceitável. A Figura 5 apresenta o pseudocódigo básico de uma heurística AG com as modificações realizadas.

```

Procedimento AG_modificado(Num_Geracoes)
01 ENTRADA: Imagem.jpg
02 Populacao ← CriarPopulacao (Imagem.jpg);
03 IndivíduoFinal ← Fitness (Populacao);
04 para Geracao ← 1 até Num_Geracoes faça
05   Populacao ← Roleta (Populacao);
06   Populacao ← Crossover (Populacao);
07   Populacao ← Mutacao (Populacao);
08   Populacao ← Viabilidade (Populacao);
09   IndivíduoMelhor ← Fitness (Populacao);
10   se IndivíduoMelhor > IndivíduoFinal então
11     IndivíduoFinal ← indivíduoMelhor;
12   fim se;
13 fim para;
14 retorna IndivíduoFinal;
  
```

Figura 5 – Pseudocódigo do AG com as modificações

A necessidade de alterar, os mecanismos do AG, foi identificada através da utilização de gráfico para acompanhamento do *fitness* total da população, no qual se observou que no decorrer das gerações o *fitness* fica abaixo do valor da primeira geração e que em certo momento esse valor chega à zero. Na Figura 6 observam-se dois gráficos, o primeiro sem a utilização das mudanças e no segundo utilizando as mudanças no mecanismo do AG.

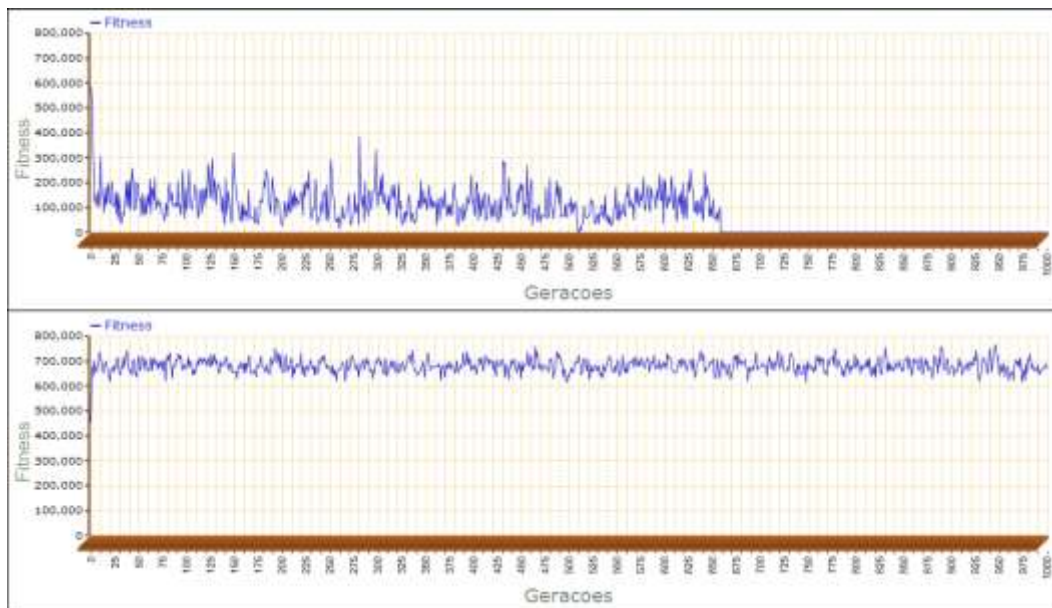


Figura 6 - Gráficos para acompanhamento do *fitness* da população sem e com a função de viabilidade

O *fitness* do cromossomo é dado através do seguinte cálculo de pontos:

- Cada demanda atendida equivale a 100 pontos
- Cada facilidade tem um custo de 80 pontos
- Cada demanda atendida por mais de 1 facilidades (colisão de sinal) tem um custo de 40 pontos

Buscou-se através do *fitness*, encontrar resultados que atendam o máximo de clientes, mas minimizando o número de facilidades e a colisão de sinal entre as antenas, tendo como intenção encontrar um design de antenas bem disperso. Além disso, os valores

utilizados no cálculo do *fitness* estão multiplicados por 20, a fim de que seja possível o acompanhamento pelo gráfico de forma visível.

#### 4.2. Parâmetros do AG

A correta configuração dos parâmetros é, sem dúvida, um dos problemas enfrentados ao utilizar o AG. Esses parâmetros podem ser manipulados e alterados, e conseqüentemente modificam os mecanismos internos do algoritmo, visando uma melhor eficiência do mesmo. É importante ressaltar que estes parâmetros influenciam diretamente em todos os aspectos do resultado, pois podem, por exemplo, ampliar ou reduzir o espaço de busca ou alterar a descendência do indivíduo de forma a prevenir que a busca caia em ótimos locais pobres e de baixa qualidade. Os AGs utilizam no mínimo três parâmetros numéricos: probabilidade de cruzamento, probabilidade de mutação e tamanho da população (ou número de indivíduos). Devido a sua importância, existem diversos trabalhos científicos que elaboram experimentos acerca do ajuste dos parâmetros do AG, dos quais destacamos (GOLDBERG, DAVID E., 1989; GREFENSTETTE, 1986; JONG, 1975; SCHAFFER et al., 1989).

A teoria do AG não detalha a escolha da configuração dos parâmetros. Alguns pesquisadores realizaram experimentos sobre o ajuste dos parâmetros do AG, dentre eles destacamos o trabalho de GREFENSTETTE (1986). Ele aborda a escolha dos parâmetros como um problema e utilizou um segundo AG (meta-AG) para encontrar os melhores parâmetros.

Os parâmetros utilizados nesse trabalho estão relacionados na Tabela 3, com as mudanças realizadas nos mecanismos do AG, adicionou-se um novo parâmetro: taxa de criação. Responsável por modificar o percentual do número de facilidades na criação do cromossomo. Foram utilizados valores sugeridos por MICHALEWICZ (1996).

Tabela 3 – Parâmetros utilizados pelo AG [15]

Parâmetro	Valor
Taxa de <i>Crossover</i>	25%
Taxa de Mutação	1%
Taxa de Criação	10%
Tamanho da população	50
Número de Gerações	1000

## 5. Resultados

A interface da ferramenta computacional gera uma imagem de resultado, utilizando a imagem original como base, representando os pontos eleitos como facilidade com cor verde-claro, uma linha entre os pontos de demandas atendidos e os pontos de facilidade com cor verde-escuro e um círculo com o raio de transmissão da facilidade com cor verde-claro, informado como parâmetro pela ferramenta.

Pode-se verificar na Figura 7 o resultado obtido pela ferramenta, foram eleitos 9 pontos de facilidade. De cada ponto de facilidade eleito seguem linhas para as demandas atendidas, além do raio de amplitude do rádio.



Figura 7 - Resultado obtido através da ferramenta com inteligência computacional

Além da imagem com os resultados representados graficamente, a ferramenta também retorna as informações do melhor indivíduo em forma textual, facilitando a compreensão do resultado, como pode-se visualizar na Tabela 4.

Tabela 4 - Resultado com informações do melhor indivíduo

Resultados	Valores
Total de facilidades	9
Total de demandas	278
Demandas atendidas	276
Demandas atendidas (%)	99.28 %
Demandas não atendidas	2
Colisões de sinal	75
Individuo da geração	525
Valor do <i>fitness</i>	23880

## 6. Conclusões

Neste trabalho foi proposta uma solução para o problema de alocação de antenas para rede sem fio do IFES campus Cachoeiro de Itapemirim, demonstrando a importância de utilizar uma ferramenta com base em inteligência computacional na solução do melhor posicionamento para antenas de rede sem fio, de forma que o atendimento seja maximizado, o número de antenas seja minimizado e seja respeitado o limite na área de abrangência do sinal. Atualmente não existem softwares que forneçam uma solução completa, desde a alocação dos pontos de demandas, realizar os cálculos de distâncias e encontrar a melhor solução para o problema.

A utilização de uma imagem, com todos os pontos de demandas incluídos, facilita e auxilia o profissional na tomada de decisão, pois montar uma matriz de distância entre todos os 287 pontos de demandas é muito trabalhoso e impraticável, já que terão que ser realizadas mais de 82 mil medições de pontos. Ainda assim, algumas medições podem ser consideradas improváveis, pois podem, por exemplo, existir objetos entre os pontos, locais de difícil acesso ou por estarem em prédios diferentes sem acesso direto. Por se tratar de uma imagem em escala, idêntica a estrutura atual, não há a necessidade de realizar as medições, porque através do teorema de Pitágoras é possível calcular a distância entre dois pontos no plano cartesiano, utilizando com base em suas coordenadas  $(x,y)$ , possibilitando que problemas com grande quantidade de pontos de demanda possam ser calculadas. Outra facilidade que a utilização de imagem produz é o controle das áreas mais importantes, que não podem ser deixadas sem atendimento, bastando adicionar mais pontos de demandas na determinada área e induzindo a ferramenta a atender á essas áreas mais populosas.

Disponibilizar a ferramenta via *web*, possibilita que seu uso seja feito por outros campi do Ifes, porém sem a necessidade de ter um vasto conhecimento de programação, heurísticas ou algoritmo genético. Tendo somente que exportar a planta do campus para uma imagem em boa resolução, adicionar os pontos de demandas na imagem e informar dois dados: número máximo de *access points* e o seu alcance de transmissão, em pixels.

A ferramenta demonstrou resultados satisfatórios, fornecendo auxílio na tomada de decisão, quanto à avaliação da utilização do menor número de *access points* e na maior cobertura das demandas.

## 7. Trabalhos Futuros

A correta configuração dos parâmetros do AG é um problema complexo e que deve ser tratado individualmente, isto conduz para realização experimentos, utilizando valores aleatórios, para avaliação dos melhores parâmetros, empregando métodos estatísticos, a fim de melhorar e otimizar os resultados.

Para uma aplicação eficiente da ferramenta em ambientes *indoor*, é necessário que sejam levados em consideração objetos que atenuam a transmissão dos pontos de facilidade. Sugere-se, portanto, um estudo mais aprofundado, procurando identificar a real consequência dos impactos na transmissão do sinal e um aperfeiçoamento na ferramenta, visando uma abordagem mais funcional nestes ambientes.

## 8. Referências bibliográficas

- ADENSO-DÍAZ, B.; RODRÍGUEZ, F. A simple search heuristic for the MCLP: Application to the location of ambulance bases in a rural region. **Omega**, v. 25, n. 2, p. 181-187, 1997.
- AZIZAN, M. H. et al. Application of OpenStreetMap data in ambulance location problem. 2012. p.321-325.
- BEASLEY, D.; BULL, D. R.; MARTIN, R. R. An overview of genetic algorithms: Part 2, research topics. **University computing**, v. 15, n. 4, p. 170-181, 1993.
- BEASLEY, D.; MARTIN, R.; BULL, D. An overview of genetic algorithms: Part 1. Fundamentals. **University computing**, v. 15, p. 58-58, 1993.
- CHURCH, R. L.; REVELLE, C. S. THE MAXIMAL COVERING LOCATION PROBLEM. **Papers in Regional Science**, v. 32, n. 1, p. 101-118, 1974.
- \_\_\_\_\_. Theoretical and Computational Links between the p-Median, Location Set-covering, and the Maximal Covering Location Problem. **Geographical Analysis**, v. 8, n. 4, p. 406-415, 1976.
- DAVIS, L. **Handbook of genetic algorithms**. Van Nostrand Reinhold, 1991.
- GALVÃO, R. D.; REVELLE, C. A Lagrangean heuristic for the maximal covering location problem. **European Journal of Operational Research**, v. 88, n. 1, p. 114-123, 1996.
- GAREY, M. R.; JOHNSON, D. S. **Computers and Intractability: A Guide to the Theory of NP-Completeness**. W. H. Freeman & Co., 1979. p. 338.

- GOLDBERG, D. E. **Genetic Algorithms in Search, Optimization and Machine Learning**. Addison-Wesley Longman Publishing Co., Inc., 1989. p. 372.
- GOLDBERG, D. E. **Genetic algorithms in search, optimization, and machine learning**. Addison-Wesley, 1989.
- GRFENSTETTE, J. J. Optimization of Control Parameters for Genetic Algorithms. **Systems, Man and Cybernetics, IEEE Transactions on**, v. 16, n. 1, p. 122-128, 1986.
- HAKIMI, S. L. Optimum Locations of Switching Centers and the Absolute Centers and Medians of a Graph. **Operations Research**, v. 12, n. 3, p. 450-459, 1964.
- HOLLAND, J. H. **Adaptation in natural and artificial systems: An introductory analysis with applications to biology, control, and artificial intelligence**. Oxford, England: U Michigan Press, 1975. viii, p. 183.
- JARAMILLO, J. H.; BHADURY, J.; BATA, R. On the use of genetic algorithms to solve location problems. **Comput. Oper. Res.**, v. 29, n. 6, p. 761-779, 2002.
- JONG, K. A. D. **An analysis of the behavior of a class of genetic adaptive systems**. p.266, University of Michigan, 1975.
- KHUMAWALA, B. M. An Efficient Algorithm for the p-Median Problem With Maximum Distance Constraints. **Geographical Analysis**, v. 5, n. 4, p. 309-321, 1973.
- LIM, S.; KUBY, M. Heuristic algorithms for siting alternative-fuel stations using the Flow-Refueling Location Model. **European Journal of Operational Research**, v. 204, n. 1, p. 51-61, 2010.
- LINDEN, R. **Algoritmos Genéticos. 2**. Rio de Janeiro: Brasport, 2008. p. 496.
- MAN, K. F.; TANG, K. S.; KWONG, S. Genetic algorithms: concepts and applications [in engineering design]. **Industrial Electronics, IEEE Transactions on**, v. 43, n. 5, p. 519-534, 1996.
- MICHALEWICZ, Z. **Genetic algorithms + data structures**. Springer-Verlag, 1996.
- MURALI, P.; ORDÓÑEZ, F.; DESSOUKY, M. M. Facility location under demand uncertainty: Response to a large-scale bio-terror attack. **Socio-Economic Planning Sciences**, v. 46, n. 1, p. 78-87, 2012.
- REN, X. Q. et al. The application of the maximal coverage and partial coverage model in the shelter location problem. 2009. p.1472-1478.
- SCHAFFER, J. D. et al. **A study of control parameters affecting online performance of genetic algorithms for function optimization**. Proceedings of the third international conference on Genetic algorithms. George Mason University, United States: Morgan Kaufmann Publishers Inc.: 51-60 p. 1989.
- SHEN, Z.-J. M.; ZHAN, R. L.; ZHANG, J. The Reliable Facility Location Problem: Formulations, Heuristics, and Approximation Algorithms. **INFORMS J. on Computing**, v. 23, n. 3, p. 470-482, 2011.
- SRINIVAS, M.; PATNAIK, L. M. Genetic algorithms: a survey. **Computer**, v. 27, n. 6, p. 17-26, 1994.
- WHITLEY, D. A genetic algorithm tutorial. **Statistics and Computing**, v. 4, n. 2, p. 65-85, 1994.