

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO  
GRANDE DO SUL  
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM ANÁLISE E DESENVOLVIMENTO DE  
SISTEMAS

LAURA TROINA NUNES

**Alocação espacial de aparelhos de  
distribuição de redes IEEE 802.11 em  
ambientes internos 2D**

Trabalho de Conclusão apresentado como  
requisito parcial para a obtenção do grau de  
Tecnólogo em Análise e Desenvolvimento de  
Sistemas

Prof. Rafael Betito  
Orientador

Rio Grande, Julho de 2017

## **CIP – CATALOGAÇÃO NA PUBLICAÇÃO**

Nunes, Laura Troina

Alocação espacial de aparelhos de distribuição de redes IEEE 802.11 em ambientes internos 2D / Laura Troina Nunes. – Rio Grande: TADS/FURG, 2017.

31 f.: il.

Trabalho de Conclusão de Curso (tecnólogo) – Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul. Curso Superior de Tecnologia em Análise e Desenvolvimento de Sistemas, Rio Grande, BR–RS, 2017. Orientador: Rafael Betito.

1. Rede sem fio, otimização de cobertura, heurística, hillclimbing, algoritmo genetico. I. Betito, Rafael. II. Título.

## FOLHA DE APROVAÇÃO

Monografia sob o título "*Alocação espacial de aparelhos de distribuição de redes IEEE 802.11 em ambientes internos 2D*", defendida por Laura Troina Nunes e aprovada em XX de julho de 2017, em Rio Grande, estado do Rio Grande do Sul, pela banca examinadora constituída pelos professores:

---

Prof. Rafael Betito  
Orientador

---

Prof. Msc<sup>o</sup> Luciano Vargas  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

---

Prof. Dr<sup>a</sup> Raquel Barbosa  
Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Sul

*"Do or do not. There is no try."*  
— MESTRE YODA

*"Stay hungry. Stay foolish"*  
— STEVE JOBS

## **AGRADECIMENTOS**

AGRADECIMENTOS

# SUMÁRIO

<b>LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS</b>	<b>7</b>
<b>LISTA DE FIGURAS</b>	<b>8</b>
<b>LISTA DE TABELAS</b>	<b>9</b>
<b>RESUMO</b>	<b>10</b>
<b>1 INTRODUÇÃO</b>	<b>11</b>
<b>2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA</b>	<b>13</b>
2.1 <b>Redes de Computadores</b>	13
2.1.1 Redes Não Cabeadas	13
2.1.2 Problema de posicionamento para cobertura sem fio	15
2.2 <b>Métodos de solução de problemas complexos</b>	17
2.2.1 Método exaustivo	17
2.2.2 Métodos heurísticos	17
<b>3 TRABALHOS RELACIONADOS</b>	<b>20</b>
<b>4 METODOLOGIA</b>	<b>21</b>
4.1 Diagrama de casos de uso	21
4.2 Diagrama de classes	22
4.3 Algoritmo de análise de qualidade	22
<b>5 RESULTADOS</b>	<b>24</b>
5.1 <b>O protótipo P.U.T.A. - Posicionador Universal de Terminais de Acesso</b>	24
5.1.1 Descrição de telas	24
5.2 <b>Discussão da qualidade dos resultados</b>	27
5.2.1 Primeiro teste	27
5.2.2 Segundo Teste	27
5.2.3 Terceiro Teste	27
<b>6 CONCLUSÃO</b>	<b>28</b>
<b>REFERÊNCIAS</b>	<b>29</b>
<b>GLOSSÁRIO</b>	<b>31</b>

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

HTTP	protocolo de transferência de hipertexto ( <i>hypertext transfer protocol</i> )
AG	algoritmo genético
AP	<i>access point</i>

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1.1:	Exemplo de distribuição de sinal sem fio . . . . .	11
Figura 2.1:	Mecanismos de propagação. . . . .	14
Figura 4.1:	Diagrama de Casos de Uso . . . . .	21
Figura 4.2:	Diagrama de Classes . . . . .	22
Figura 5.1:	Tela Principal . . . . .	24
Figura 5.2:	Tela de Configuração . . . . .	25
Figura 5.3:	Exemplo de arquivo XML . . . . .	26
Figura 5.4:	Arquivo XSD de validação da planta . . . . .	26
Figura 5.5:	Exemplo de Saída . . . . .	27



## LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1:	Coeficiente de atenuação em relação à distância (ITU-R P.1238-1) . .	16
Tabela 2.2:	Coeficiente de atenuação por piso atravessado (ITU-R P.1238-1) . . .	16
Tabela 2.3:	Coeficiente de perda no percurso para vários ambientes (COST 231 Keenan e Motley) . . . . .	17

## RESUMO

RESUMO

**Palavras-chave:** Rede sem fio, otimização de cobertura, heurística, hillclimbing, algoritmo genético.

# 1 INTRODUÇÃO

Atualmente, o computador é uma ferramenta fundamental para a realização de tarefas corriqueiras. Com o tempo, eles foram conectados entre si de modo a formar uma rede de informações. Além de cabos, estas redes podem ser montadas através de aparelhos que emite sinais sem fio. Redes sem fio são práticas, pois permitem a conexão de aparelhos sem a limitação de um cabo. Junto dos emissores *wireless*, surgiu também o problema da cobertura de sinal. É normal encontrarmos locais onde apesar de o sinal estar disponível, é impossível navegar através dele. Isso se deve ao mau planejamento do posicionamento dos emissores.

Um exemplo desse problema é a figura 1.1. Ela mostra vários aparelhos emissores de sinal sem fio e a cor de cada região representa a qualidade do sinal em cada espaço da planta. As zonas vermelhas são as de maior intensidade do sinal, as amarelas de intensidade média, as verdes de baixa intensidade e as zonas azuis são zonas onde praticamente não existe sinal.

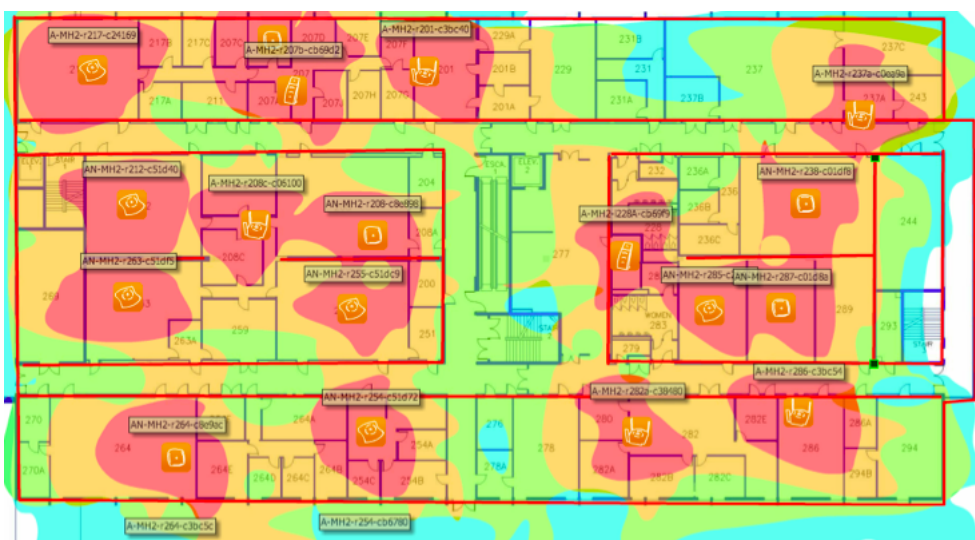


Figura 1.1: Exemplo de distribuição de sinal sem fio

Fonte: <http://gotoitsupport.com/other-it-services/consulting-services/wireless-network-site-surveys/>

Utilizando modelos de propagação de sinal e características do ambiente, serão realizados experimentos com algoritmos genéticos, simulando o posicionamento dos equipamentos de distribuição do sinal *wireless* no interior dos locais alvo, para encontrar o posicionamento de melhor custo benefício.

Esse trabalho tem como objetivo geral otimizar o posicionamento dos aparelhos de espalhamento de sinal *wireless* em uma planta baixa de forma a obter total cobertura com qualidade na troca de dados. Para isto, será necessário o estudo de redes sem fio e tipos de propagação de sinais, estudo das soluções de problemas similares, análise das ferramentas existentes, projeto da solução, validação e testes e por fim aplicação em casos de testes hipotéticos.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

### 2.1 Redes de Computadores

Com a popularização do computador, os trabalhos são realizados por um grande número de computadores independentes, porém conectados entre si, formando uma rede. (TANENBAUM, 2003)

Uma rede de computadores é um conjunto de computadores autônomos interconectados por uma tecnologia. Dois computadores são ditos conectados quando estes podem trocar informações. (TANENBAUM, 2003)

As redes são classificadas de acordo com a abrangência geográfica. Redes locais conectam computadores próximos. Redes metropolitanas conectam computadores e redes locais. Redes globais conectam redes metropolitanas. (TANENBAUM, 2003)

Em uma rede de computadores são utilizados vários protocolos, topologias, métodos de acesso e meios de propagação do sinal. (ASSUMPCÃO FILHO, 1997)

#### 2.1.1 Redes Não Cabeadas

Redes sem fio ou também chamadas redes *wireless*, estão cada dia mais populares por serem práticas e proporcionarem mobilidade ao usuário. Nos últimos anos houve um aumento expressivo tanto da qualidade do serviço quanto do número de equipamentos compatíveis. (RAPPAPORT, 2009)

Esse tipo de rede utiliza sinais de radiofrequência ou infravermelho para a conexão dos usuários e pode ser utilizada em qualquer ambiente. Está sendo cada vez mais utilizada como uma extensão ou alternativa às redes locais cabeadas por prover vantagens econômicas, mobilidade aos usuários, facilidade de instalação e manutenção. (SANCHES, 2005) (TORRES, 2015)

Quanto ao local de instalação, redes sem fio são classificadas em redes de ambientes internos e externos. Em ambientes internos os equipamentos utilizados são de baixa potência para uma cobertura limitada e distâncias curtas. Em ambientes externos, os equipamentos necessitam de maior potência para proporcionar maior alcance com cobertura ampla ou restrita. É importante ressaltar que em ambas as situações, o sinal da rede sofre atenuações devido às características do ambiente e dos obstáculos encontrados no caminho. (RAPPAPORT, 2009)

Dentre os equipamentos utilizados para distribuir o sinal sem fio, o mais comum é o ponto de acesso ou *access point*. São eles que possibilitam expandir a infraestrutura da rede se conectando diretamente à rede cabeada ou à outros pontos de acesso. Eles são os responsáveis por gerenciar parâmetros de cada uma das redes e também pela comunicação com os clientes sem fio através dos padrões IEEE 802.11. São equipados de antenas omnidirecionais para irradiar o sinal em todas as direções e permitem que um cliente se

conecte à rede em qualquer ponto da região de cobertura. Normalmente, são necessários vários pontos de acesso para que um ambiente tenha cobertura efetiva. (SANCHES, 2005) (TORRES, 2015)

### 2.1.1.1 Mecanismos de propagação

Para um planejamento eficiente da cobertura de uma rede sem fio é necessário entendimento de como ocorre a propagação do sinal. Em uma rede sem fio, o nível de sinal recebido é sempre inferior ao nível transmitido. (RAPPAPORT, 2009)

A atenuação do sinal começa a ocorrer devido à distância que a onda necessita percorrer. Além disso, existem quatro fenômenos que atuam nessa atenuação. Reflexão, refração, difração e dispersão são os mecanismos básicos de propagação que influenciam em um sistema de comunicação móvel. (RAPPAPORT, 2009)

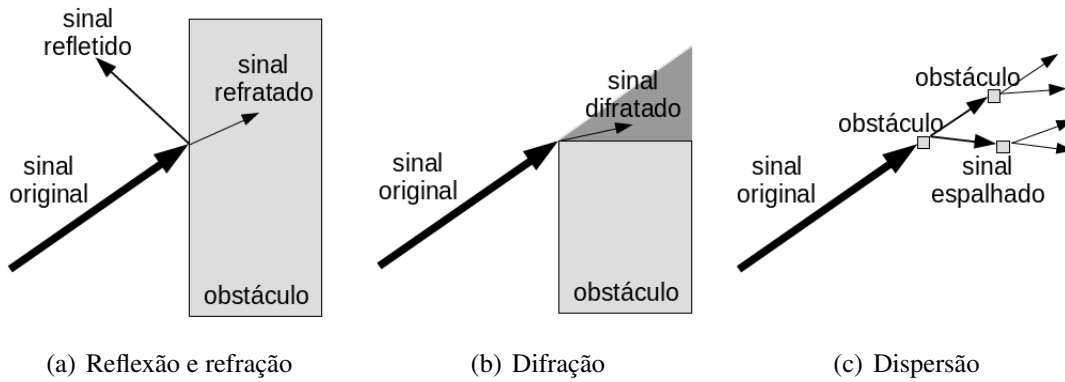


Figura 2.1: Mecanismos de propagação.

- Reflexão e refração: A figura 2.1(a) mostra o que acontece quando o sinal propagado em um meio colide com um obstáculo de propriedades diferentes. Parte do sinal original é refletida para o meio e parte é refratada para o obstáculo. (RAPPAPORT, 2009)
- Difração: A difração ocorre quando o sinal incide sobre a extremidade de um obstáculo de dimensões maiores que o comprimento de onda do sinal. Neste caso, como ocorre na figura 2.1(b), parte da energia do sinal original é redirecionada para a região de sombra causada pelo obstáculo. (RAPPAPORT, 2009)
- Dispersão: Como mostra a figura 2.1(c), a dispersão ocorre quando a onda de rádio incide sobre muitos obstáculos. Neste caso o sinal original é dividido e desviado em múltiplas direções. (RAPPAPORT, 2009)

### 2.1.1.2 Potência

O cálculo da potência recebida, em Watts, por uma antena é dado pela equação de Friis (2.1), onde  $P_r$  é a potência recebida,  $P_t$  é a potência transmitida,  $G_t$  é o ganho da antena de transmissão,  $G_r$  é o ganho da potência de recepção e  $L_p$  é a atenuação no percurso. (RAPPAPORT, 2009) (HAYKIN; MOHER, 2009)

$$P_r = \frac{P_t G_t G_r}{L_p} \quad (2.1)$$

Sabendo que decibél (dB) é uma unidade logarítmica usada para expressar a razão entre duas quantidades físicas e aplicando as propriedades dos logaritmos, a equação 2.1 pode ser transformada na equação 2.2. (HAYKIN; MOHER, 2009)

$$P_r = P_t + G_t + G_r - L_p \quad (2.2)$$

A transformação da potência  $P_W$  em W para  $P_{dB}$  em dB é dada pela equação 2.3, onde  $P_0$  é igual a 1W.

$$P_{dB} = 10 \log_{10} \left( \frac{P_W}{P_0} \right) \quad (2.3)$$

A atenuação no percurso, para o espaço livre, em dB, definida conforme a equação 2.4, onde  $n$  o coeficiente de perda do percurso,  $d$  é a distância entre as antenas em metros,  $f$  é a frequência do sinal em GHz e  $c$  é a velocidade da luz em m/s. (HAYKIN; MOHER, 2009)

$$L_p = n 10 \log_{10} \left( \frac{4\pi d f}{c} \right) \quad (2.4)$$

### 2.1.1.3 Protocolos 802.11

Redes sem fio são regulamentadas pelo Institute of Electrical and Eletronics Engineers, padrão conhecido como IEEE 802.11, sendo os principais: (TANENBAUM, 2003)

**IEEE 802.11a** 5GHz, com transferências a até 54Mbps.

**IEEE 802.11b** 2.4GHz, com transferências a até 11Mbps.

**IEEE 802.11g** 2.4GHz, com transferências a até 54Mbps.

**IEEE 802.11n** 2.4 GHz ou 5GHz, com transferências a até 600Mbps.

**IEEE 802.11ac** 5GHz, com transferências a até 1Gbps.

## 2.1.2 Problema de posicionamento para cobertura sem fio

A implantação de redes sem fio em ambientes internos ou externos demanda a análise de muitas variáveis. Características físico-químicas dos obstáculos e do ambiente, interferências eletromagnéticas e o posicionamento dos pontos de acesso influenciam na qualidade do sinal. A cobertura total de um ambiente depende do número e do posicionamento dos pontos de acesso. (FREYTAG; SAWICKI FREYTAG; MARTINS, 2013)

### 2.1.2.1 Modelos propagação

O meio de propagação de um sistema sem fio é o canal de rádio. Suas características e efeitos são de natureza complexa, o que impossibilita uma análise completamente determinística. São utilizados então, dados experimentais. Medições indicam, por exemplo, que as flutuações de pequena escala e larga escala do sinal variam. Esses parâmetros são importantes para a construção de um modelo que retrate a realidade. Existem vários tipos de modelos de propagação. (NAJNUDEL, 2004)

Os modelos teóricos não possuem nenhum tipo de ajuste experimental. São baseados na solução da equação da onda onde são consideradas as condições do ambiente e

apresentam alto custo computacional. Os modelos semi empíricos são baseados em aproximações estatísticas e testes empíricos para se ajustar à vários tipos de ambientes. São menos exatos, entretanto possuem baixo custo computacional. É importante salientar que todos os modelos derivam da equação de Friis 2.2 (NAJNUDEL, 2004)

O modelo *Log-distance* é o modelo semi-empírico mais simples para a perda de percurso em ambientes fechados. É definido pela equação 2.5,  $L_{total}$  representa a perda total,  $L_0$  a perda inicial. Os parâmetros  $n$  e  $\sigma$  podem ser escolhidos para representar diferentes ambientes e faixas de frequência. (NAJNUDEL, 2004)

$$L_{total} = L_0 + 10n \log(d) + X_\sigma \quad (2.5)$$

O modelo ITU-R P.1238-1, descrito pela equação 2.6, foi desenvolvido pelo setor de radiocomunicação do *International Telecommunication Union* (ITU-R), para medição de sinais na faixa de frequência entre 900MHz e 100GHz em ambientes fechados. Esse modelo considera:

- Reflexão e difração em objetos físicos.
- Transmissão através de paredes, pisos e outros obstáculos fixos.
- Confinamento da energia em corredores.
- Pessoas e objetos em movimento no ambiente.

$$L_{total} = 20 \log(f) + n \log(d) + L_f(k_f) - 28 \quad (2.6)$$

Na equação 2.6,  $L_{total}$  é a perda total,  $f$  é a frequência de operação em MHz,  $n$  é o coeficiente de atenuação com a distância,  $d$  é a distância percorrida em metros,  $k_f$  é o número de pisos (andares) atravessados e  $L_f$  é o coeficiente de atenuação por piso atravessado em dB. O ITU-R fornece o coeficiente de atenuação com a distância para três ambientes e para seis faixas de frequência, como mostra a tabela 2.1 (NAJNUDEL, 2004)

Tabela 2.1: Coeficiente de atenuação em relação à distância (ITU-R P.1238-1)

Tipo do ambiente	Coeficiente(n)
Residencial	28
Escritório	$30 \pm 2$
Comercial	22

A recomendação para o coeficiente de atenuação por piso atravessado segue o padrão do coeficiente de atenuação em relação à distância. Como mostra a tabela ?? (NAJNUDEL, 2004)

Tabela 2.2: Coeficiente de atenuação por piso atravessado (ITU-R P.1238-1)

Tipo do ambiente	Coeficiente ( $L_t$ )
Residencial	$4k_t$
Escritório	$15 + (k_f - 1)$
Comercial	$6 + 3(k_f - 1)$



O modelo ITU-R P.1238-1 representa o valor médio do sinal e não contempla as variações de pequena e larga escala do sinal. No caso de sombreamento, a distribuição utilizada é log-normal, equação 2.7, onde  $m$  é o valor médio da distribuição em dB e  $\sigma$  é o desvio médio padrão da distribuição em dB. (NAJNUDEL, 2004)

$$p_r(r) = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma} \exp \left[ -\frac{1}{2} \left( \frac{r - m}{\sigma} \right)^2 \right] \quad (2.7)$$

O modelo COST 231 Keenan e Motley é o mais completo para predição de sinais em ambientes fechados com existência de obstáculos. É um modelo abrangente mas que demanda muitos dados, representado pela equação 2.8. O  $L_0$  é a perda de propagação a um metro da antena irradiante (dB),  $d$  é a distância percorrida pelo sinal (m),  $n$  é o coeficiente de propagação,  $L_{f,i}$  é a perda de propagação do sinal através do piso  $i$  (dB),  $k_{f,i}$  é o número de pisos com a mesma característica,  $L_{w,i}$  é a perda de propagação do sinal através da parede  $j$  (dB),  $k_{w,i}$  é o número de pisos com a mesma característica,  $I$  é o número de pisos atravessados pelo sinal e  $J$  é o número de paredes atravessados pelo sinal. (NAJNUDEL, 2004)

$$L_{total} = L_0 + 10n \log(d) + \sum_{i=1}^I (k_{f,i} L_{f,i}) + \sum_{j=1}^J (k_{w,i} L_{w,i}) \quad (2.8)$$

Alguns dos valores obtidos experimentalmente são mostrados na tabela 2.3:

Tabela 2.3: Coeficiente de perda no percurso para vários ambientes (COST 231 Keenan e Motley)

Tipo do ambiente	Coeficiente(n)
Espaço livre	2
Interno, salas de aula	1.2
Interno, lab de informática	1.4

## 2.2 Métodos de solução de problemas complexos

Há duas maneiras de solucionar um problema complexo: métodos heurísticos e o método exaustivo. É necessária uma análise individual para determinar qual o método mais adequado para solucionar um problema. (JÚNIOR; LOPES, 2008)

### 2.2.1 Método exaustivo

Também chamado de solução por força bruta, tem como objetivo analisar absolutamente todos os cenários possíveis para decidir se existe uma solução ótima para o problema e qual ela é. Após analisar todos os cenários possíveis de um problema, pode-se afirmar com certeza que o algoritmo encontrou a solução ótima. A vantagem desse método é encontrar a resposta ótima. A grande desvantagem é o alto custo computacional, que devido ao tempo necessário para percorrer todos os estados. (JÚNIOR; LOPES, 2008)

### 2.2.2 Métodos heurísticos

Os métodos heurísticos se utilizam de regras, estratégias, procedimentos, métodos de aproximação, tentativa/erro, para a procura da melhor solução de um problema. Por não

analisar todos os estados possíveis para encontrar uma solução, os processos heurísticos exigem menos custo computacional que o método exaustivo. Eles são mais próximos da forma como o ser humano raciocina e chega às soluções eficientes. (JÚNIOR; LOPES, 2008)

É importante ressaltar as vantagens e desvantagens da utilização dos métodos. O método exaustivo garante encontrar a solução ótima a um custo computacional alto. O método heurístico não garante encontrar a solução ótima, porém encontra soluções de boa qualidade com um custo computacional aceitável. (LUKE, 2009)

Existem heurísticas que iterativamente trabalham com uma única solução. *Hill Climbing* é um exemplo deste tipo de heurística. Existem também heurísticas que trabalham com conjuntos de soluções por iteração. Como exemplo deste tipo de heurística, os Algoritmos genéticos. (LUKE, 2009)

### 2.2.2.1 *Hill Climbing*

É uma técnica relacionada com um gradiente ascendente. Não requer conhecimento sobre o tamanho, nem sobre a direção desse gradiente. É necessário testar iterativamente novas soluções candidatas na vizinhança da solução atual e substituir a atual pela candidata quando a solução candidata é melhor. Isto permite uma subida até o ótimo local. O algoritmo apresenta baixo custo computacional, porém é pouco eficiente em relação à encontrar uma melhora para a solução. (LUKE, 2009)

### 2.2.2.2 *Algoritmos Genéticos*

O algoritmo genético é uma heurística populacional baseada na ideia da evolução das espécies. As soluções candidatas são tratadas como indivíduos e as variáveis das soluções como genes. Parte da premissa de que os indivíduos mais aptos tem mais sucesso em repassar as suas características para a geração seguinte. Desta forma, as melhores soluções de uma iteração são misturadas na expectativa de gerar soluções cada vez melhores para a próxima iteração. Assim como na natureza, também é utilizado o conceito de mutação, na qual o valor de uma variável é alterado. (LUKE, 2009) (MITCHELL, 1998)

Listing 2.1: Algoritmo genético canônico

```

inicialize a populacao atual aleatoriamente
avale a qualidade dos individuos da populacao atual
repita
    enquanto nova populacao nao estiver completa
        escolha pai e mae segundo algum criterio de selecao
        gere dois filhos por cruzamento
        cause mutacoes nos filhos
        adicione os filhos na nova populacao
    fim
    avale a qualidade dos individuos da nova populacao
    copie os individuos da nova populacao para a atual
ate que o criterio de satisfacao seja satisfeito

```

O algoritmo 2.1 começa inicializando todas as variáveis que formam as soluções candidatas. A avaliação da qualidade de uma solução candidata é feita com base no valor em suas variáveis. É com base na evolução da qualidade dos indivíduos que se resolve o problema. O cálculo da qualidade também engloba as restrições às quais o problema está sujeito. O processo de escolha de pai e mãe efetua a seleção de soluções candidatas

para gerar as soluções da próxima geração. Ajustada corretamente, é esta operação que conduz a população de soluções candidatas para regiões mais promissoras do espaço de busca. Roleta e torneio, são os tipos mais usados de seleção. O processo de cruzamento envolve gerar dois filhos a partir do pai e da mãe selecionados anteriormente. Neste processo, genes dos pais são misturados de modo que cada filho herde características de ambos. Cruzamento em um ponto, cruzamento em dois pontos e cruzamento uniforme são alguns tipos de cruzamento. O próximo passo é a mutação. Significa alterar probabilisticamente o valor de alguns dos genes que compõe o indivíduo. Por fim, os indivíduos da nova geração se tornam a geração atual e o processo se repete até que o critério de satisfação seja satisfeito. Alguns critérios de satisfação utilizados são número máximo de iterações e convergência da população. (LUKE, 2009) (MITCHELL, 1998)

### 3 TRABALHOS RELACIONADOS

A otimização do posicionamento de pontos de acesso para melhoria de cobertura de redes sem fio, utilizando algoritmo genético, é encontrada nos três seguintes estudos que servem de referência para este trabalho.

Em (JI; SARKAR; LI, 2002) um algoritmo genético foi desenvolvido para realizar a alocação de pontos de acesso que calcula a quantidade e a posição de cada equipamento, utilizando uma adaptação do modelo COST 231 Keenan e Motley; codificação binária; uma planta hipotética; pontos de acesso com especificação homogênea, configurados para comunicação nos padrões IEEE 802.11b e 802.11g.

Em (VELLASCO; PACHECO; CUNHA FILHO, 2010) foi desenvolvido um algoritmo genético para calcular a alocação de um número determinado pelo usuário de pontos de acesso, utilizando uma adaptação do modelo COST 231 Keenan e Motley; codificação real; uma planta hipotética; pontos de acesso com especificação homogênea, configurados para comunicação no padrão IEEE 802.11b.

Em (NAGY, 2012) foram desenvolvidos e comparados os resultados de várias heurísticas de busca para realizar a alocação de um número determinado pelo usuário de pontos de acesso. O algoritmo genético utiliza o modelo COST 231 Keenan e Motley; codificação real; a planta real; pontos de acesso com especificação homogênea; o nível do sinal para calcular a cobertura sem fio, ao invés das taxas de transferência dos modelos IEEE 802.11.

## 4 METODOLOGIA

Abaixo serão descritos diagrama de uso, casos de uso e o funcionamento do cálculo da qualidade do sinal exigido para cada célula. Também são apresentados os protótipos de telas e um exemplo de arquivo de entrada no formato XML.

### 4.1 Diagrama de casos de uso

A figura 4.1 representa o diagrama de casos de uso da solução que será proposta neste trabalho. O ator é o usuário que utilizará o programa. Suas ações incluem submeter a planta, procurar solução, ajustar os parâmetros e escolher o método de cálculo.

Na ação de submeter planta, o usuário deverá informar ao programa as características do local que ele pretende efetuar o cálculo. Informações como, posição e densidade de obstáculos e tamanho do local deverão ser inseridas nessa etapa. Ajustar os parâmetros é definir os coeficientes de perda dos obstáculos. Na escolha do método de cálculo, o usuário deverá informar qual é o modelo de perda de sinal que ele deseja utilizar. A ação de procurar solução, é a responsável por aplicar a heurística escolhida e devolver a resposta ao usuário.

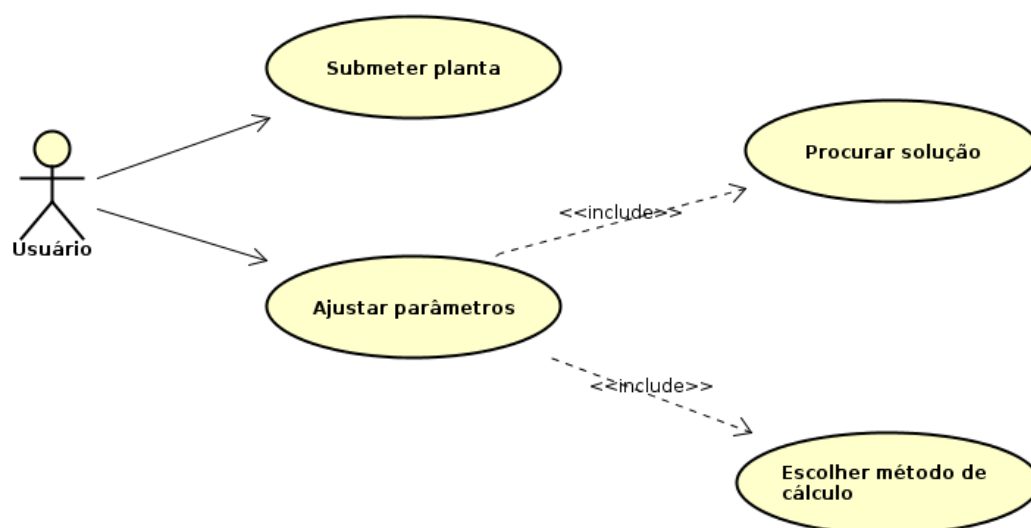


Figura 4.1: Diagrama de Casos de Uso

## 4.2 Diagrama de classes

A figura 4.2 representa o diagrama de classes da solução proposta.

A classe `AlgoritmoGenetico` é a classe responsável pela implementação da heurística. Ela se relaciona com as classes `Planta`, `População`, `Modelo`, `Cruzamento`, `Seleção` e `Mutação`.

`Planta` é uma classe que representa a planta baixa de um prédio que será submetida pelo usuário. Uma `Planta` é composta de um ou mais objetos do tipo `Paredes`. A classe `Parede` reúne as características das paredes, suas coordenadas e seus coeficientes.

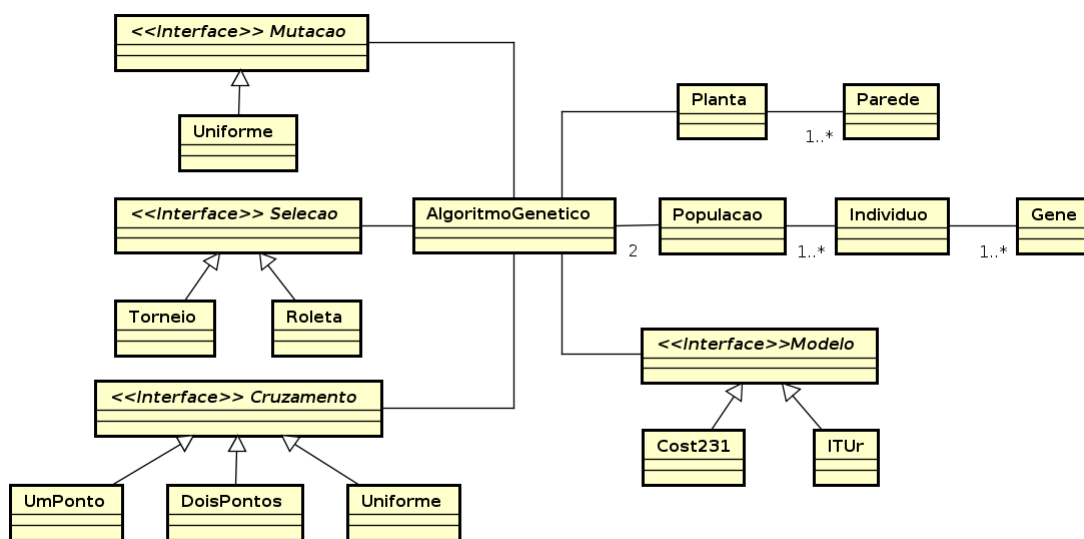
`População` é a classe onde está representada as populações, atual e nova, sobre as quais o algoritmo genético irá iterar. Cada população é composta de  $n$  indivíduos e cada indivíduo de  $k$  genes.

As classes `ITUr` e `Cost231` implementam a interface `Modelo` e são responsáveis pelo cálculo da perda de sinal em relação à distância e através dos obstáculos.

A classe `Uniforme` implementa a interface `Mutacao`. É ela a responsável por fazer a mutação nos genes dos indivíduos.

As classes `Torneio` e `Roleta` implementam a interface `Selecao`. São estas classes que farão a seleção de pais na população atual para gerar filhos na próxima geração.

As classes `UmPonto`, `DoisPontos` e `Uniforme` são classes que implementam a interface `Cruzamento`. São as classes que modelam como os genes dos indivíduos selecionados serão mesclados para produzir descendentes na nova população.



powered by Astah

Figura 4.2: Diagrama de Classes

## 4.3 Algoritmo de análise de qualidade

O algoritmo genético ranqueia as soluções baseado em um critério de qualidade. Para esse processo é necessário que a planta baixa submetida pelo usuário seja dividida em células de acordo com a discretização ajustada pelo usuário. São posicionados então os roteadores e em cada célula é calculado o valor do sinal recebido. Esse cálculo é feito pelo modelo de propagação de sinal escolhido pelo usuário já citados aqui no texto.

O algoritmo 4.1 representa a avaliação da qualidade de cada célula. Para cada célula gerada a partir da planta que o usuário submeter, para cada *access point*, é feito o cálculo do sinal que chega nessa célula de acordo com o modelo escolhido pelo usuário. É escolhido então, o maior dos valores, entre os sinais enviados pelos diversos *access points*. Em seguida, o algoritmo faz a contagem das células que recebem sinal considerado abaixo do aceitável e acima do desejado. Aplica-se os pesos que serão utilizados para definir a qualidade da solução.

Listing 4.1: Algoritmo cálculo da qualidade canônico

```
Para cada celula
    Para cada access point
        Calcula potencia celula
        Encontra a potencia maxima dentre os access points
        Converte potencia em taxa de transferencia
Conta celulas abaixo do aceitavel
Conta celulas acima do desejado
Aplica pesos
Obtem qualidade da solucao
```

## 5 RESULTADOS

### 5.1 O protótipo P.U.T.A. - Posicionador Universal de Terminais de Acesso

#### 5.1.1 Descrição de telas

O protótipo é composto por duas telas, com elas é permitido ao usuário fazer a entrada da planta que será analisada, configurar os parâmetros conforme sua preferência e ver o resultado da análise feita pelo programa.

**Tela principal:** Conforme mostra a figura 5.1, a tela principal contém por uma área para *upload* do arquivo da planta que vai ser feita a distribuição dos aparelhos de acesso. Nesse momento é perguntado ao usuário qual a discretização que ele deseja utilizar. A área em branco mostra uma visualização da planta lida e também o *heatmap* do resultado encontrado.

No pé da tela está um botão de Configurações, ele abre a tela de configurações de parâmetros do problema. O botão Exportar, exporta o resultado mostrado na tela para um arquivo PDF. O botão Calcular, faz com que o protótipo inicie o cálculo da solução do problema.

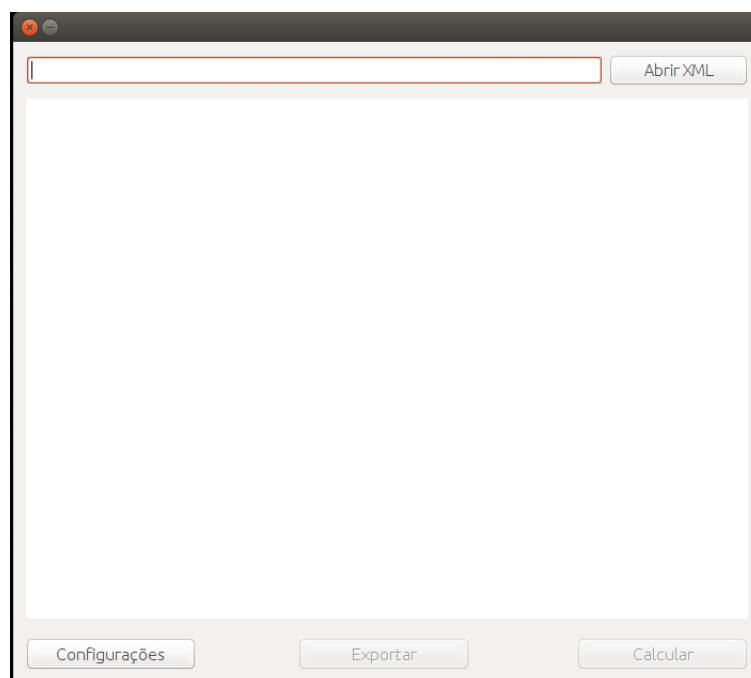


Figura 5.1: Tela Principal



**Tela de Configurações:** A tela mostrada na figura 5.2 serve para o usuário ajustar os parâmetros referentes ao Algoritmo Genético e ao problema em si.

The image shows a software configuration window with two main sections. The top section, titled 'Parâmetros do Algoritmo Genético', contains settings for the genetic algorithm: 'Elitismo' (checked), 'Número de indivíduos' (30), 'Número de gerações' (50), 'Probabilidade de Crossover' (0,9), 'Probabilidade de Mutação' (0,01), and 'Número de Indivíduos Selecionados' (2). The bottom section, titled 'Parâmetros do Problema', contains settings for the problem: 'Menor taxa de transferência desejada (Mb)' (24), 'Menor taxa de transferência aceitável (Mb)' (0), 'Método para calcular a perda' (Selezione), 'Passo Hill-Climbing (m)' (1), 'Frequência transmitida (db)' (20), and 'Percentual de cobertura desejada' (100). A 'Salvar' button is located at the bottom right.

Figura 5.2: Tela de Configuração

Os parâmetros do algoritmo genético são: Elitismo, Número de Indivíduos, Número de Gerações, Probabilidade de *Crossover*, Probabilidade de Mutação e Número de Indivíduos Selecionados.

Também precisam ser ajustados os parâmetros relativos ao problema:

**Menor taxa de transferência desejada** Representa a quantidade de sinal que se deseja obter na resolução do problema.

**Menor taxa de transferência aceitável** Representa a quantidade de sinal mínima que se deseja obter

**Método de cálculo da perda** Permite a escolha do método que vai ser usado para calcular a perda de sinal: de acordo com a escolha do usuário, será solicitado que o usuário entre com os dados relativos ao método escolhido. Para o ITU é necessário definir a frequência de saída do roteador, e o tipo de ambiente da planta. Para o Cost, é necessário informar a perda de cada tipo de parede.

**Passo Hill-Climbing** Definição em metros, do comprimento do passo que o Hill-Climbing vai andar na sua execução.

**Frequência transmitida** Frequência transmitida em decibéis (dB) do(s) ponto(s) de acesso.

**Percentual de cobertura desejada** É o percentual de cobertura desejada com a taxa de transferência desejada ajustada anteriormente.

### 5.1.1.1 Entradas e Saídas

Para fazer a análise do local escolhido pelo usuário, o sistema necessita receber como entrada um arquivo XML contendo a descrição da planta baixa que será analisada. Um exemplo desse arquivo é a figura 5.3. Cada planta é composta por  $n$  paredes, e cada parede deve conter as seguintes características: deslocamento  $x$  e deslocamento  $y$  em relação ao canto superior esquerdo da planta, altura, largura e o coeficiente de perda de sinal para aquela parede, no caso de utilizar o método de cálculo de perda Cost231.

```

1
2
3
4 <planta endereco="Rua x 123" xmlns:xsi="http://www.w3.org/2001/XMLSchema-instance" xsi:schemaLocation="planta.xsd">
5   <paredes>
6     <parede x="0" y="0" largura="0.2" altura="15" perda="perda1"/>
7     <parede x="49.8" y="0" largura="0.2" altura="15" perda="perda1"/>
8     <parede x="9.9" y="0" largura="0.2" altura="15" perda="perda1"/>
9     <parede x="39.9" y="0" largura="0.2" altura="15" perda="perda1"/>
10    <parede x="22.7" y="0" largura="0.2" altura="6.5" perda="perda1"/>
11    <parede x="27.1" y="0" largura="0.2" altura="6.5" perda="perda1"/>
12    <parede x="24.9" y="0" largura="0.2" altura="4.4" perda="perda1"/>
13    <parede x="23.8" y="8.5" largura="0.2" altura="6.5" perda="perda1"/>
14    <parede x="26" y="8.5" largura="0.2" altura="6.5" perda="perda1"/>
15    <parede x="0" y="0" largura="50" altura="0.2" perda="perda1"/>
16    <parede x="0" y="14.8" largura="50" altura="0.2" perda="perda1"/>
17    <parede x="0" y="7.4" largura="10.1" altura="0.2" perda="perda1"/>
18    <parede x="39.9" y="7.4" largura="10.1" altura="0.2" perda="perda1"/>
19    <parede x="9.9" y="6.3" largura="13" altura="0.2" perda="perda1"/>
20    <parede x="27.1" y="6.3" largura="13" altura="0.2" perda="perda1"/>
21    <parede x="22.7" y="4.2" largura="4.6" altura="0.2" perda="perda1"/>
22    <parede x="9.9" y="8.5" largura="14.1" altura="0.2" perda="perda1"/>
23    <parede x="26" y="8.5" largura="14.1" altura="0.2" perda="perda1"/>
24   </paredes>
25 </planta>
26

```

Figura 5.3: Exemplo de arquivo XML

A figura 5.4 mostra o esquema de validação do arquivo XML submetido com uma planta.

```

1 <?xml version="1.0"?>
2 <xs:schema
3   version="1.0"
4   attributeFormDefault="unqualified"
5   elementFormDefault="qualified"
6   targetNamespace="planta"
7   xmlns:xs="http://www.w3.org/2001/XMLSchema">
8   <xs:element name="planta">
9     <xs:element name="paredes">
10      <xs:complexType>
11        <xs:sequence>
12          <xs:element name="parede" maxOccurs="unbounded">
13            <xs:attribute name="x" type="xs:float"/>
14            <xs:attribute name="y" type="xs:float"/>
15            <xs:attribute name="altura" type="xs:float"/>
16            <xs:attribute name="largura" type="xs:float"/>
17            <xs:attribute name="perda" type="xs:float"/>
18          </xs:element>
19        </xs:sequence>
20      </xs:complexType>
21    </xs:element>
22    <xs:attribute name="endereco" type="xs:string"/>
23  </xs:element>
24 </xs:schema>

```

Figura 5.4: Arquivo XSD de validação da planta

A figura 5.5 é um exemplo da saída do programa. É disponibilizado um *heatmap* que possibilita a avaliação da distribuição de sinal gerado pela solução. Também é disponibilizado um arquivo de exportação gerado pelo programa, contendo o mesmo mapa, o número de pontos de acessos usados e suas respectivas posições.

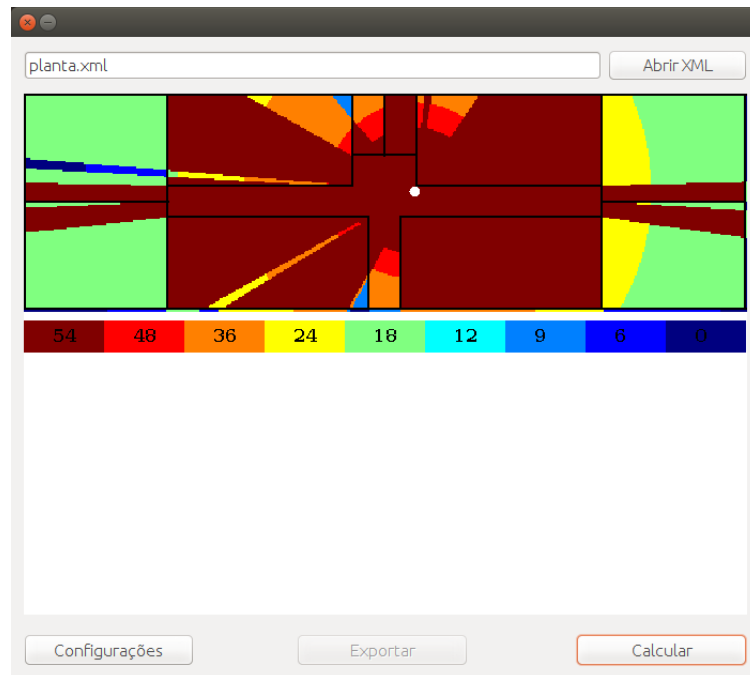


Figura 5.5: Exemplo de Saída

## 5.2 Discussão da qualidade dos resultados

### 5.2.1 Primeiro teste

gráficos  
 média qualidade x geração (de 1 execução)  
 qualidade x execução -> óbvio para mostrar que sempre alcança a qualidade requisitada  
 nro aps x execução -> desvio padrão entre as soluções do mesmo problema -> menor dp melhor!

### 5.2.2 Segundo Teste

gráficos

### 5.2.3 Terceiro Teste

-Plantas que gerem diferentes resultados a cada execução com quantidades diferentes de ap's para uma solução.  
 - desabilita HC x habilita HC -> discutir impacto do HC no resultado (tanto em tempo quanto em nro de aps)  
 subsection???  
 tempo x planta fácil (3 aps) /média (8 aps) /difícil (20 aps)-> escalabilidade  
 extrapolando a linha de tendência do tempo, para um problema difícil com 100% de cobertura a 54mbps levaria ??? muito tempo -> uma solução para isto seria limitar o máximo de aps possível, deixaria de levar infinito tempo para responder mas deixaria de garantir a cobertura

## **6 CONCLUSÃO**

### CONCLUSÃO

- Vantagem Iteratividade : Usuario consegue uma resposta mesmo com parametros MUITO mal ajustados - Não pode ser usado por um usuário leigo (ajuste de parametros)

## REFERÊNCIAS

ASSUMPÇÃO FILHO, M. M. (Ed.). **Arquitetura de Redes de Computadores OSI e TCP/IP**. 2.ed. São Paulo: Makron Books, 1997.

FREYTAG, G.; SAWICKI FREYTAG, S.; MARTINS, R. Desenvolvimento de uma interface gráfica iterativa para o posicionamento de antena wireless. **Salão do Conhecimento**, [S.l.], v.1, n.01, 2013.

HAYKIN, S.; MOHER, M. **Sistemas modernos de comunicações wireless**. [S.l.]: Bookman Editora, 2009.

Jl, Z.; SARKAR, T. K.; LI, B.-H. Methods for optimizing the location of base stations for indoor wireless communications. **IEEE Transactions on Antennas and Propagation**, [S.l.], v.50, n.10, p.1481–1483, 2002.

JÚNIOR, N. B. A.; LOPES, H. **Proposta e Implementação de um Algoritmo Paralelo de Busca Exaustiva Para o Problema do Dobramento de Proteínas com um Modelo Discreto**. 2008. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Tese, Curso de Pós-graduação em Engenharia Elétrica e Informática Industrial, UTFPR, PR.

LUKE, S. **Essentials of Metaheuristics**. [S.l.: s.n.], 2009.

MITCHELL, M. **An introduction to genetic algorithms**. [S.l.]: MIT press, 1998.

NAGY, L. Global optimization of indoor radio coverage. **AUTOMATIKA**, [S.l.], v.53, n.1, p.69–79, 2012.

NAJNUDEL, M. **Estudo de propagação em ambientes fechados para o planejamento de WLANs**. 2004. Tese (Doutorado em Ciência da Computação) — Dissertação (mestrado), Departamento de Engenharia Elétrica, Pontífica Universidade Católica do Rio de Janeiro.

RAPPAPORT, T. S. **Comunicações sem fio: princípios e práticas**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

SANCHES, C. A. **Projetando Redes WLAN: conceitos e práticas**. São Paulo: Érica, 2005.

TANENBAUM, A. **Redes de Computadores**. 4.ed. São Paulo: Elsevier, 2003.

TORRES, G. **Redes de computadores: versão revisada e atualizada**. 2.ed. São Paulo: Novaterra Editora e Distribuidora LTDA, 2015.

VELLASCO, M. M.; PACHECO, M. A.; CUNHA FILHO, G. F. da. Dimensionamento Otimizado de Redes de Comunicação sem fio 802.11 usando Algoritmos Genéticos. , [S.l.], 2010.

## GLOSSÁRIO

*wireless* tecnologia que não utiliza cabos.

*heatmap* representação gráfica de dados onde os valores são representados por cores

*upload* ato de enviar uma informação ou um arquivo, para um computador remoto