



PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APOIO A DECISÃO DE COMPRAS BASEADO EM SEMIÓTICA COMPUTACIONAL

Trabalho de Conclusão de Curso

Engenharia da Computação

Denis Mayr Lima Martins

Orientador: Prof. Fernando Buarque de Lima Neto



**UNIVERSIDADE
DE PERNAMBUCO**

**Universidade de Pernambuco
Escola Politécnica de Pernambuco
Graduação em Engenharia de Computação**

DENIS MAYR LIMA MARTINS

**PROPOSTA DE UM SISTEMA DE
APOIO A DECISÃO DE COMPRAS
BASEADO EM SEMIÓTICA
COMPUTACIONAL**

Monografia apresentada como requisito parcial para obtenção do diploma de Bacharel em Engenharia de Computação pela Escola Politécnica de Pernambuco – Universidade de Pernambuco.

Recife, Maio 2012.

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

Avaliação Final (para o presidente da banca)*

No dia 18 de 6 de 2012, às 10:00 horas, reuniu-se para deliberar a defesa da monografia de conclusão de curso do discente DENIS MAYR LIMA MARTINS, orientado pelo professor Fernando Buarque de Lima Neto, sob título PROPOSTA DE UM SISTEMA DE APOIO A DECISÃO DE COMPRAS BASEADO EM SEMIÓTICA COMPUTACIONAL, a banca composta pelos professores:

Luis Carlos Menezes

Fernando Buarque de Lima Neto

Após a apresentação da monografia e discussão entre os membros da Banca, a mesma foi considerada:

Aprovada

Aprovada com Restrições*

Reprovada

e foi-lhe atribuída nota: 8,5 (oitos e meio)

*Obrigatório o preenchimento do campo abaixo com comentários para o autor)

O discente terá 7 dias para entrega da versão final da monografia a contar da data deste documento.

Luis Carlos de Souza Menezes

LUIS CARLOS MENEZES

Fernando Buarque de Lima Neto

FERNANDO BUARQUE DE LIMA NETO

A Deus, que é o sustentáculo das minhas forças.

Agradecimentos

Agradeço primeiramente a Deus, pelos inúmeros bens que me foram ofertados e pela oportunidade de realizar esse trabalho. Agradeço aos meu pais, minhas irmãs e toda a minha família pelo apoio e pela confiança que sempre depositaram em mim.

Agradeço aos amigos da graduação, especialmente a Paulo Roger e Marcelo Gomes, que me ajudaram na caminhada do aprendizado e sem os quais a vivência acadêmica seria muito menos gratificante.

Agradeço ao Professor Fernando Buarque, por aceitar a tarefa de me orientar e pelos seus conselhos sempre pertinentes, que me fizeram visualizar novos caminhos a trilhar.

Por fim, agradeço aos amigos da Federação Espírita Pernambucana pelo apoio nos momentos de dificuldade e por me ensinar o verdadeiro sentido do sentimento religioso.

Resumo

O processo de decisão de compra é uma parte importante do ciclo comercial da maioria das organizações empresariais. De maneira semelhante, as pessoas estão quase todos os dias envolvidas em tomadas de decisão de compra, tendo a necessidade de escolher determinados tipos de produtos dentre um enorme conjunto de variedades de marca, fornecedores e preços. Por esse motivo, a escolha de um produto ou serviço nem sempre é simples de ser realizada, já que cada opção carece de uma análise mais profunda. Portanto, faz-se necessária a utilização de um sistema computacional que promova uma análise apurada das opções de compra para auxiliar no processo de decisão, trazendo benefícios como a redução no tempo de realização de compra, por exemplo. Neste contexto, este trabalho tem como objetivo a idealização e implementação de um Sistema de Apoio à Decisão de compras utilizando os conceitos utilizando os conceitos de significação e mecanismos cognitivos estudados pela Semiótica e os princípios desenvolvidos por Charles Sanders Peirce. A construção de uma abordagem de apoio à decisão baseado nestes conceitos trouxe como contribuição um sistema capaz de realizar a análise de produtos utilizando-se os atributos do qual ele é composto e as preferências definidas pelo consumidor, resultando em um processo de decisão personalizado, diferindo para cada usuário, e que proporciona uma experiência de compra mais rápida.

Abstract

The decision process of buying purchasing is an important part of the business cycle of most commercial organizations. Similarly, people in general are almost every day involved in decision making tasks of purchasing. Actually, the need to choose selected types of products from a large range of brand of suppliers and prices. Because of that the selection of a product or service is not always simple to perform, as for each option it requires some careful analysis. Therefore, the use of a computer system that promotes a detailed analysis of purchase options can help in the decision-making, bringing benefits such as reduction in time of purchase, for example. In this context, this final year project aims to conceive and develop a Decision Support System for purchases decision using the concepts of meaning and cognitive mechanisms studied by Semiotics; such principles, studied by Charles Sanders Peirce. Building a decision support approach based on these concepts, produce a system capable of performing the analysis of products using the attributes of which they are composed and the preferences set by the consumer, resulting in faster and customized decision-making, differing for each user.

Sumário

Capítulo 1 Introdução	1
1.1 Motivação e Problema	1
1.2 Objetivos e Metas	2
1.3 Estrutura do Documento	3
• Capítulo 1: Introdução	3
• Capítulo 2: Fundamentação Teórica	3
• Capítulo 3: Proposição do Sistema	3
• Capítulo 4: Experimentos e Resultados	3
• Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros	4
Capítulo 2 Fundamentação Teórica	5
2.1 Decisão de Compra	5
2.1.1 Etapas do processo de decisão de compra	5
2.1.2 Fatores que influenciam na decisão de compra	8
2.2 Semiótica	9
2.2.1 Conceito geral	9
2.2.2 Semiose	10
2.2.3 Contribuições de Pierce	11
2.2.4 Aplicação computacional	12
2.3 Representação do Conhecimento	14
2.3.1 Ontologias	15
2.4 Sistemas de Apoio a Decisão	17
Capítulo 3 Proposição do Sistema	18
3.1 Modelo Idealizado	18
3.1.1 Representação semiótica de objetos na arquitetura proposta	20

3.1.2	Perfil cognitivo do usuário	21
3.1.3	Avaliação das opções de compra	23
3.1.4	Influência das compras anteriores na avaliação da Satisfação	24
3.2	Sistema Desenvolvido	25
Capítulo 4 Experimentos e Resultados		26
4.1	Avaliação da influência do Perfil do Usuário no processo de decisão	27
4.2	Avaliação da influência do histórico de compras no processo de decisão	30
Capítulo 5 Conclusão e Trabalhos Futuros		33
5.1	Considerações	34
5.2	Melhorias e Trabalhos Futuros	34
Bibliografia		36

Índice de Figuras

Figura 1. Etapas do processo de decisão de compra	6
Figura 2. Modelo triádico de signo.	10
Figura 3. Diagrama do processo de semiose e geração infinita de representações.	11
Figura 4. Cenário proposto por Gudwin para a análise do processo de Semiose [10].	13
Figura 5. Modelo proposto por Barros para o processo de Semiose automática em agentes inteligentes. O agente realiza a extração de características de objetos e representa objetos através de uma recombinação destas características [9].	14
Figura 6. Modelo ontológico para o domínio de produtos de informática.	16
Figura 7. Exemplo de uma representação ontológica de objetos (jogos eletrônicos) através de atributos.	16
Figura 8. Arquitetura do modelo proposto para um sistema de apoio à decisão baseado nos conceitos da Semiótica	18
Figura 9. Tricotomia de Peirce no processo semiótico de representação de uma opção de compra de um produto.....	21
Figura 10. Diagrama conceitual UML do sistema desenvolvido	25

Índice de Tabelas

Tabela 1.	Representação de atributos de um produto e sua valoração	7
Tabela 2.	Modelagem da satisfação de um produto percebida por um consumidor através do cálculo da soma ponderada dos valores de seus atributos	7
Tabela 3.	Exemplo de configuração do grau de importância dos atributos de um automóvel.....	19
Tabela 4.	Exemplo de representação de uma opção de compra de automóvel.....	20
Tabela 5.	Exemplo de configuração da relevância dos atributos de um automóvel	23
Tabela 6.	Organização das bases utilizadas na validação do modelo proposto	27
Tabela 7.	Configurações da relevância dos atributos de um automóvel para o experimento de avaliação de conformidade	27
Tabela 8.	Resultados obtidos no experimento para diferentes configurações de perfil de usuário.....	28
Tabela 9.	Pesos de relevância obtidos aleatoriamente para a compra de um telefone celular	31
Tabela 10.	Opções obtidas na decisão de compra de um telefone celular utilizando-se os pesos de relevância definidos na Tabela 9.....	31
Tabela 11.	Resultado do experimento de avaliação da influência do histórico de compras no processo de decisão de compra.....	32

Tabela de Símbolos e Siglas

BDOC – Banco de Dados de Opções de Compra

PCU – Perfil Cognitivo do Usuário

SAD – Sistema de Apoio à Decisão

SADI - Sistema de Apoio à Decisão Inteligente

Capítulo 1

Introdução

O objetivo fundamental de um negócio é criar, manter e fidelizar clientes [1]. Dessa forma, atender as necessidades do cliente é a principal atividade de uma empresa. Por esse motivo, as estratégias de Marketing têm sido bastante exploradas, como forma de compreender o comportamento do cliente, no tocante aos fatores que influenciam a sua decisão de compra de produtos e serviços.

Essa abordagem ganha ainda mais importância no cenário mercadológico de competição que existe atualmente. Pois o consumidor se vê rodeado de alternativas de compra, cada vez mais semelhantes, o que torna a tomada de decisão a respeito de qual produto comprar geralmente difícil de ser realizada sem uma longa análise.

Em contrapartida, cada vez mais as empresas investem em técnicas não convencionais para atrair mais clientes, como exemplo o uso dos conceitos da Semiótica para modelar sistemas que se adequem ao perfil do consumidor [2].

Semiótica é a ciência que se propõe a estudar os signos [3]. Tomando por base a definição de signos como sendo tudo aquilo que representa algo para alguém [4], a Semiótica tem por objetivo a análise de todo e qualquer fenômeno de significação, ou seja, de produção de sentido [3].

Este trabalho apresenta uma incorporação dos conceitos da Semiótica na criação de um Sistema de Apoio a Decisão de Compra, promovendo uma redução no tempo empregado no processo de compra de produtos.

1.1 Motivação e Problema

Entre os processos que formam o ciclo comercial da maioria das empresas, o processo de decisão de compra recebe grande destaque. Uma empresa de médio ou grande porte, em geral, possui uma vasta lista de fornecedores, dos quais ela se utiliza para realizar suas atividades.

Decidir qual dos fornecedores contratar, entretando, nem sempre é uma tarefa de fácil realização, pelo grande número de informações que precisam ser analisadas. O resultado dessa análise é a escolha da opção que traga mais benefício à empresa, permitindo melhores condições de oferta - aplicando um preço mais competitivo ao produto final, por exemplo.

De forma análoga, uma decisão de compra realizada por um consumidor pode trazer-lhe economia. Essa decisão sofre influência de inúmeros fatores, entre eles culturais, pessoais, psicológicos e sociais [5][6]. O valor e a qualidade do produto ou serviço a ser comprado, o histórico de transações comerciais (realizadas com sucesso ou não) com a empresa que oferta o produto também influenciam a tomada de decisão do consumidor.

Nesse contexto, a utilização de um sistema computacional que promova uma análise apurada das opções de compra pode auxiliar no processo de decisão. Esse tipo de sistema é conhecido como Sistema de Suporte a Decisão, e tem por objetivo prover uma plataforma que ajude o julgamento e a escolha de atividades, solucionando problemas de decisão [7][8].

A construção de um Sistema de Apoio a Decisão geralmente envolve a utilização de técnicas computacionais inteligentes, pela flexibilidade e adaptabilidade que elas provêm. Além disso, pelos benefícios providos para melhores ontologias [9], o uso dos conceitos da Semiótica vem sendo ampliado, principalmente para a análise e produção de informação [10].

Dessa forma, a motivação principal desse trabalho é a proposta de atenuar um problema frequente da maioria dos consumidores comuns, que é a análise de muitas informações relativas a uma decisão de compra.

1.2 Objetivos e Metas

Este trabalho tem como objetivo principal o desenvolvimento de um Sistema de Apoio a Decisão de compra na perspectiva do consumidor utilizando os conceitos da Semiótica de Charles Sanders Pierce. Para tanto, foram elencados os objetivos específicos:

- Realizar um estudo acerca dos conceitos da Semiótica de Pierce;

- Realizar um estudo sobre Sistemas de Apoio a Decisão;
- Realizar um estudo sobre as características que compõem uma decisão de compra;
- Conceber a decomposição ontológica de compra;
- Aplicar os conceitos da Semiótica de Pierce na construção de um Sistema de Suporte à Decisão de Compra;
- Realizar experimentos utilizando o sistema desenvolvido e analisar os resultados quanto ao eventual melhor apoio ao usuário.

1.3 Estrutura do Documento

Este documento foi organizado em cinco capítulos, descritos brevemente a seguir:

- **Capítulo 1: Introdução**

Neste capítulo são apresentados o problema, a motivação e os objetivos gerais e específicos que compõem o trabalho realizado.

- **Capítulo 2: Fundamentação Teórica**

Contém um apanhado geral dos principais conceitos abordados por este trabalho e que são fundamentais para a compreensão deste. Assim, as características de uma decisão de compra, os conceitos de sistemas de apoio a decisão e os princípios da Semiótica de Pierce – aplicados na construção de sistemas inteligentes – são explanados de forma sucinta.

- **Capítulo 3: Proposição do Sistema**

Apresenta a abordagem proposta para o sistema, destacando os conceitos de Semiótica que serão utilizados juntamente com um conjunto de fatores que exercem influência numa decisão de compra.

- **Capítulo 4: Experimentos e Resultados**

Reúne os experimentos realizados para verificar a validade do sistema proposto, bem como uma explanação dos resultados obtidos na execução destes experimentos, dos quais será extraída a conclusão deste trabalho.

- **Capítulo 5: Conclusão e Trabalhos Futuros**

Contém a conclusão do trabalho desenvolvido, destacando sua contribuição, e apresenta os possíveis trabalhos futuros decorrentes deste estudo.

Capítulo 2

Fundamentação Teórica

Neste capítulo serão apresentados conceitos fundamentais para o entendimento deste trabalho. A princípio, um breve resumo sobre o processo de decisão de compra por parte de um consumidor será relatado, incluindo os principais fatores que influenciam essa decisão. Em seguida, será apresentada uma introdução à Semiótica, na abordagem proposta por Charles Sanders Peirce, e sua utilização em sistemas computacionais. Por fim, um sucinto estudo acerca dos problemas de representação de conhecimento no âmbito de sistemas computacionais será elaborado juntamente com um comentário referente à definição aos objetivos dos Sistemas de Apoio a Decisão.

2.1 Decisão de Compra

Tendo em vista que o objetivo do Marketing é identificar e satisfazer as necessidades do cliente [1][11], é de fundamental importância conhecer o mecanismo que leva o consumidor a decidir por comprar determinado produto ou serviço. Para as empresas, entender esse processo de decisão de compra pode auxiliar a percepção de perfis de clientes, que poderão definir as próximas estratégias de negócio que serão elaboradas. Da mesma forma, para o consumidor, a compreensão desse processo pode ajudá-lo em sua tomada de decisão, fazendo-o optar pelo produto que melhor satisfaz suas expectativas.

2.1.1 Etapas do processo de decisão de compra

A tomada de decisão de compra começa muito antes do ato da compra e continua mesmo depois da realização desta [11]. A Figura 1 apresenta um modelo que descreve este processo em cinco etapas: reconhecimento da necessidade, busca de informação, avaliação de alternativas, decisão de compra e avaliação pós-compra [5].

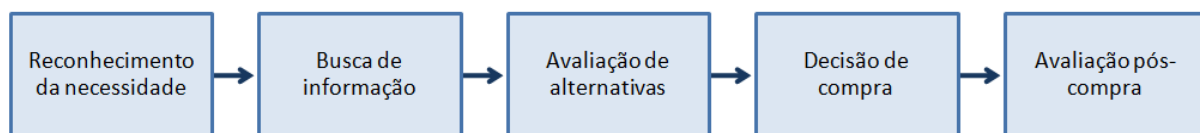


Figura 1. Etapas do processo de decisão de compra

Inicialmente, o consumidor identifica um problema ou uma necessidade, percebe uma diferença entre seu estado atual e algum estado desejado [5] [11]. Essa necessidade pode ser gerada por estímulos internos – como a fome, o frio ou o calor, por exemplo – ou a partir de estímulos externos, como um comercial de TV.

Reconhecido o problema, o consumidor inicia uma busca por informações a respeito dos produtos que se propõem a satisfazer sua necessidade. Embora, geralmente, a quantidade de informação pesquisada cresça a medida que a decisão de compra envolva problemas de difícil resolução [6], o resultado dessa busca é a definição de um conjunto de opções de compra, de onde será selecionado o produto a ser adquirido [12].

De posse desse grupo de opções, o consumidor, então, passa a ver o produto como um conjunto de atributos, que serão analisados com o intuito de verificar quais opções trarão melhor benefício ou melhor atenderão a sua necessidade [11]. Contudo, apenas os atributos mais relevantes para o consumidor são elencados para a ingressarem nesse conjunto. Para exemplificar esse processo, vamos utilizar como produto uma mochila escolar. O consumidor pode representar uma mochila escolar através dos atributos: quantidade de compartimentos, carga máxima, cor, marca, tamanho, presença ou não de alça de mão, preço, entre outros.

Além disso, o consumidor assume uma função de utilidade [8] para cada atributo do produto [11][13], e a combinação dessas funções define o nível de satisfação total que o produto proporciona para ele. Utilizando o exemplo anterior, um determinado consumidor pode sentir-se mais satisfeito com uma mochila a medida que o tamanho dela diminua. Assim, para este consumidor, a probabilidade de uma mochila de tamanho menor ser escolhida é maior do que uma mochila muito grande.

Nota-se que, por essa razão, os atributos de um produto possuem níveis diferentes de importância. Um consumidor pode, por exemplo, assumir 50% de

importância ao atributo carga máxima, 20% ao atributo quantidade de compartimentos e 30% ao atributo preço de uma mochila escolar. A Tabela 1 apresenta uma valoração atribuída 3 opções de compra de uma mochila, numa escala de 0 a 5.

Tabela 1. Representação de atributos de um produto e sua valoração

Mochila	Carga máxima	Quantidade de Compartimentos	Preço
Opção A	5	3	2
Opção B	4	4	3
Opção C	2	4	4

A satisfação percebida pelo consumidor, nesse exemplo, pode ser modelada, através de uma soma ponderada [11][14], como mostra Equação 1 [15].

$$S(p) = \sum w_i f_i(a_i) \quad (1)$$

$p = (p_1, p_2, p_3, \dots, p_n)$: lista de produtos;

a_i : atributo;

f_i : função utilidade para o atributo a_i ;

w_i : importância do atributo a_i na composição da Satisfação.

Calculando-se o resultado dessa modelagem, para o exemplo acima, temos que a escolha mais satisfatória é a opção B, como é apresentado na Tabela 2.

Tabela 2. Modelagem da satisfação de um produto percebida por um consumidor através do cálculo da soma ponderada dos valores de seus atributos

Mochila	Soma Ponderada	Total
Opção A	$0.5 \times (5) + 0.3 \times (3) + 0.2 \times (2)$	3.5
Opção B	$0.5 \times (4) + 0.3 \times (4) + 0.2 \times (3)$	3.8
Opção C	$0.5 \times (2) + 0.3 \times (4) + 0.2 \times (4)$	3.0

Ao término desta análise é realizada a tomada de decisão de compra, onde a alternativa que obteve melhores resultados na avaliação é escolhida, o produto é comprado. Mas o processo de compra não termina no ato da compra. Ao realizar a compra, o consumidor poderá sentir-se satisfeito ou não com o produto escolhido e esse nível de satisfação pode influenciar as futuras decisões de compra. Um cliente pode ter uma resposta negativa no que se refere à eficiência do produto, o que pode levá-lo a evitar compras de produtos que possuam mesma marca, por exemplo.

Esta avaliação posterior ao ato de compra define as preferências do consumidor, reforçando o conhecimento referente à uma determinada situação de compra.

2.1.2 Fatores que influenciam na decisão de compra

O ser humano é um ser influenciável. Ele está constantemente recebendo diferentes estímulos internos e externos, que o levam a modificar seu comportamento. Sentir sede (estímulo interno), por exemplo, leva-o a procurar por água ou algo que sacie essa necessidade. Entretanto, o processo mental que se opera no indivíduo ao sentir sede quando se está em casa ou no trabalho, onde conseguir água é uma tarefa relativamente simples, é totalmente diferente de quando se está a horas caminhando no deserto (estímulo externo). Provavelmente, este indivíduo pagaria um preço muito maior por água, quando no deserto, do que quando estivesse em casa.

Por esse motivo, várias pesquisas indicam que uma decisão de compra sofre influência de diversos fatores [6][16]. Entre estes fatores, os culturais, sociais, pessoais e psicológicos exercem maior influência.

Fatores culturais definem valores como sucesso, progresso, conforto e liberdade. Eles afetam as preferências do consumidor a cerca da alimentação e da vestimenta, por exemplo.

Consumidores estão organizados em grupos, em sociedade. Por esse motivo, os fatores sociais exercem grande influência na decisão de compra. Família, amigos, vizinhos e colegas de trabalho compõem estes grupos sociais.

Além, a idade, o tipo de trabalho e o estilo de vida do consumidor representam fatores pessoais e também são importantes na definição do seu

comportamento, e conseqüentemente, na decisão de compra [5][6]. Um empresário pode preferir comprar ternos e gravatas, ao passo que um operário tende a comprar roupas menos formais [11].

Por fim, os fatores psicológicos envolvem a motivação do consumidor no processo de compra, a percepção dos estímulos provenientes do meio ambiente onde ele está inserido, suas crenças e experiências adquiridas.

Pelo fato destes fatores estarem associados à mecanismos mentais e cognitivos que envolvem o consumidor, utilizaremos os princípios da Lógica Semiótica para compreendermos como estes mecanismos operam.

2.2 Semiótica

A Semiótica tem sido explorada por diversas áreas do conhecimento, notadamente nas ciências humanas. Embora tenha seu início ainda na Grécia Antiga, com Platão e Aristóteles, seus postulados mais concretos iniciam-se com o filósofo John Locke, na criação de uma “doutrina dos signos” [17]. Entretanto, é apenas com os estudos de Charles Sandres Peirce, no século XIX, que a Semiótica desenvolve-se mais profundamente, tornando-se uma filosofia científica [3].

2.2.1 Conceito geral

Pode-se definir Semiótica como sendo a ciência que estuda os signos [3]. Entendendo por signo tudo aquilo que, de alguma forma, representa algo para alguém [3][4][18], ela tem como objetivo a investigação de todo e qualquer linguagem ou fenômeno, como o fenômeno de significação ou os fenômenos mentais que levam ao entendimento [9][10].

O conceito de signo apresentado acima indica a existência de uma relação que envolve três elementos: objeto, representamen e significado [18]. Quando um determinado objeto é apresentado a alguém, uma representação deste objeto é criada na sua mente. Essa representação é chamada de *Representamen*. Um significado, então, é associado ao representamen e ao objeto, completando a tríade semiótica [9], como mostra a Figura 2.

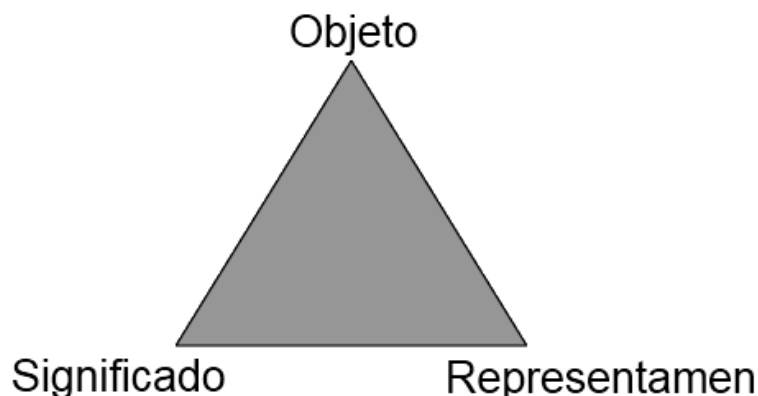


Figura 2. Modelo triádico de signo.

A semiótica introduz o conceito de *seres simbólicos*, capazes de interagir com e gerar signos, alterando o universo a sua volta, ao mesmo tempo que sofrem influência deste [3], utilizando-os como forma de armazenamento e transmissão de informação [19]. A esse processo de interação com os signos é dado o nome de Semiose.

2.2.2 Semiose

A tripla objeto, representamen e significado é chamada de Semiose e modela o processo cognitivo básico de interpretação [9][19]. Esse processo ocorre de maneira diferente para cada indivíduo, ou seja, um mesmo objeto pode ser representado de maneiras distintas por diferentes indivíduos [18].

De forma análoga, diferentes signos podem ser gerados a partir de um mesmo objeto percebido pelo indivíduo. Esse fato pode ser exemplificado da seguinte maneira: um filme (signo) provoca um determinado efeito (representamen) na mente do espectador, representando-lhe algo. Este efeito, a representação, tem um significado particular para cada espectador; ele pode trazer à mente do indivíduo um sentimento de alegria, tristeza, saudade, entre outros. Por sua vez, este filme refere-se a algum tema e possui um contexto, que é o objeto do mundo.

Conseqüentemente, alguns fatores externos podem influenciar o mecanismo de semiose, agindo sobre o processo de percepção do indivíduo. O ângulo de observação, a iluminação do local observado e a posição no ambiente podem provocar diferentes representações para um mesmo objeto [9].

A Semiose pode ocorrer de forma infinita, onde um signo gerado para representar um determinado objeto pode ser utilizado para a geração de uma nova representação deste objeto. A Figura 3 [10] mostra como esse processo é executado. Inicialmente, para um determinado objeto O_1 , é gerado um significado S_1 através de um representamen I_1 ; I_1 pode, então, tomar o papel de significado através da mediação do representamen I_2 , que por sua vez é passa a ser o significado associado ao novo representamen I_3 .

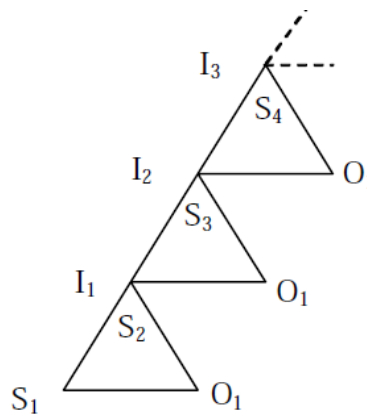


Figura 3. Diagrama do processo de semiose e geração infinita de representações

É importante salientar que a representação interna criada a partir de um signo não é um mapeamento extensivo de todas as características que compõem o objeto percebido [10][19]. Um signo apenas pode representar um objeto em um certo modo [3], possuindo um grau de interpretabilidade. Por isso, a representação de um objeto atua sobre um subconjunto de características deste para realizar a geração um signo.

Não obstante, os estudos de Peirce definem relações entre signos no processo de Semiose através de categorias. O entendimento dessas categorias é fundamental para a compreensão da sua teoria Semiótica.

2.2.3 Contribuições de Pierce

A Semiótica de Peirce está baseada no conceito de categorias que envolvem todo e qualquer fenômeno [3]. Estas categorias podem ser definidas como gradações do processo de cognição. Adiante, descreveremos cada uma delas.

Inicialmente, temos a Primeiridade, a primeira das categorias. É a consciência imediata, a qualidade do sentimento, o ato simples de sentir. Por esse aspecto imediato esse sentimento é, por muitas vezes, imperceptível e está diretamente ligada aos conceitos de originalidade, criatividade e espontaneidade. O sentimento de uma cor vermelha, sem nenhuma relação com objetos percebidos como vermelhos, que independe de qualquer coisa, é um exemplo que se insere nesse contexto [10].

A Secundidade é a categoria associada aos fatos brutos do cotidiano [3]. Existir, agir e reagir são fenômenos que fazem parte dela. Por conseguinte, ela diz respeito ao conjunto de interações físicas, que constituem a materialidade da vida. Representa algo quase instintivo, sem a presença da racionalidade.

Por sua vez, a Terceiridade constitui a gradação referente aos processos de interpretação do mundo e sua representação em forma de signos. Nela também estão inseridos a reflexão e a transformação de um pensamento em outro.

Diante disso, podemos perceber que para a Semiótica o conhecimento é dependente do signo [10][3][18]. De forma análoga, por realizar a interpretação e a geração de signos, o mecanismo da Semiose é capaz de produzir e traduzir conhecimento.

Veremos então como estes conceitos podem ser aplicados em ambientes computacionais e quais os benefícios que eles podem trazer na resolução de problemas nessa área.

2.2.4 Aplicação computacional

Semiótica computacional é uma abordagem que tem como objetivo desenvolver e modelar sistemas inteligentes utilizando os conceitos da Semiótica [20]. Embora seja uma área de pesquisa relativamente nova, ela tem trazido contribuições significantes no campo da Inteligência Artificial, principalmente no âmbito da modelagem e implementação de agentes autônomos inteligentes [9] [21].

Há, ainda, uma vertente de pesquisa que envolve a criação de modelos formais matemáticos que sirvam de base para uma Teoria de Sistemas Inteligentes baseados em Semiótica [10].

O professor Ricardo Ribeiro Gudwin, da UNICAMP, propôs um ambiente computacional básico onde seria possível analisar processo de semiose. Para isso, foi criado um cenário onde existe um intérprete e dois espaços de representação, como mostra a Figura 4 [10].

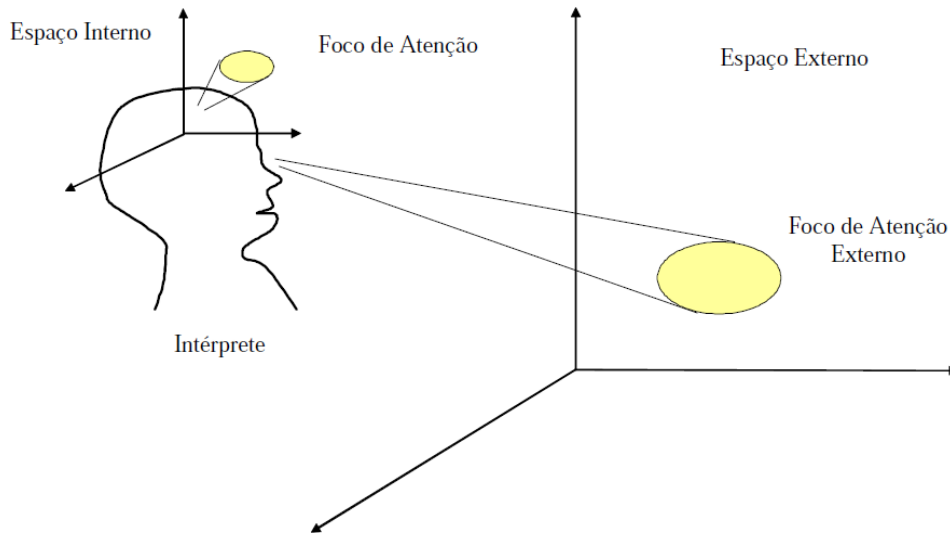


Figura 4. Cenário proposto por Gudwin para a análise do processo de Semiose [10].

O espaço externo representa o ambiente percebido pelo intérprete. Nele, estão contidos todos os objetos que podem ser sensorialmente percebidos. Em contrapartida, o espaço interno é onde o processo de Semiose ocorre, ou seja, é nele que estão localizados os signos mentais produzidos por este processo.

O mecanismo de foco de atenção tem a finalidade de captar uma determinada área do espaço externo para ser contemplada pelo intérprete. Dessa forma, apenas os objetos que estão contidos nessa área são percebidos.

Esta abordagem trouxe uma importante contribuição, pelo fato de servir de base para diversas outras proposições que utilizam Semiótica no contexto de Sistemas Inteligentes. Um exemplo da contribuição de Gudwin é o estudo realizado por Rafael Cordeiro de Barros, sob a orientação do Professor Fernando Buarque de Lima Neto, em seu trabalho intitulado Estudos Preliminares de Semeiose Automática no Subsistema de Percepção de Agentes Inteligentes [9].

Barros propôs um modelo computacional que capaz de simular, através de agentes inteligentes, um os mecanismos de representação semiótica de objetos. Neste modelo, os agentes extraem e armazenam características primárias de

objetos percebidos, como cor, forma geométrica e a posição onde estão localizados no espaço. A figura 5 mostra como ocorre este processo.

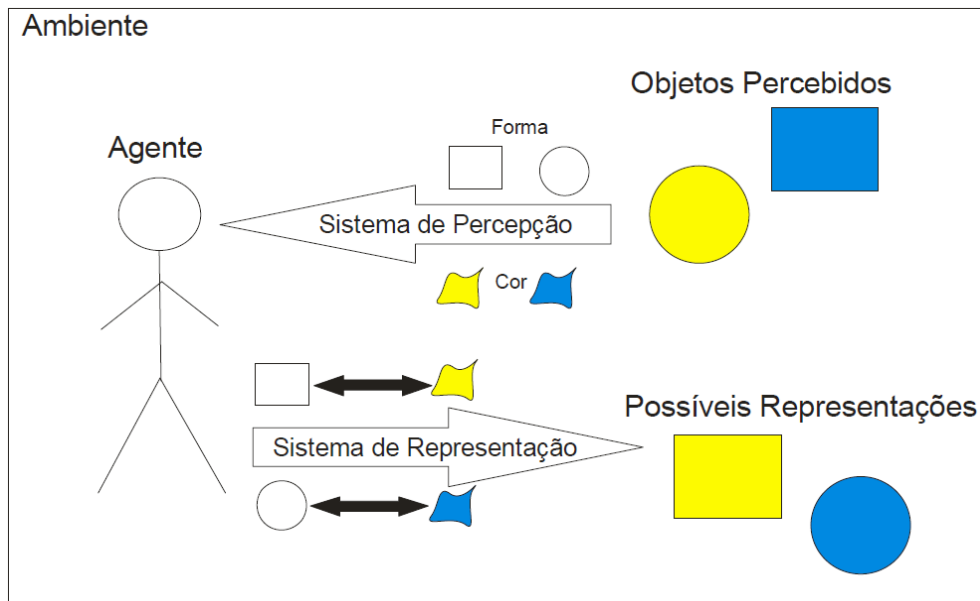


Figura 5. Modelo proposto por Barros para o processo de Semiose automática em agentes inteligentes. O agente realiza a extração de características de objetos e representa objetos através de uma recombinação destas características [9].

Após a fase apresentação de objetos, é solicitado ao agente a representação de um outro objeto. Esta representação é realizada por meio de uma recombinação das características extraídas na fase de apresentação. O método de recombinação das características é selecionado de forma aleatória, possibilitando ao agente representar um objeto de maneira diferente daquela que foi por ele percebida.

Estes conceitos serão utilizados posteriormente na construção do projeto referente a este trabalho, como será apresentado no próximo capítulo. Antes disso, entretanto, discutiremos brevemente a respeito de como o conceito de conhecimento, essencial na implementação de um modelo inteligente, pode ser representado no âmbito de Sistemas Computacionais.

2.3 Representação do Conhecimento

Desde que os estudos em Inteligência Artificial se intensificaram na comunidade científica, um dos problemas que tem sido fortemente discutido é como o conhecimento pode ser representado em ambientes computacionais. A

importância dessa representação reside no fato de que os agentes inteligentes de um sistema utilizam conhecimento sobre o mundo para tomarem suas decisões [8].

Entre as técnicas propostas para solucionar este problema, as Ontologias ganham destaque, pela contribuição que o uso delas oferece na especificação de classes de objetos e de relações existentes no domínio em que estes objetos estão inseridos [22].

2.3.1 Ontologias

Ontologias são modelos de dados que especificam conceitos de um determinado domínio [23]. No ramo da Inteligência Artificial o uso deste aparato tem como objetivo a formalização das unidades de conhecimento que são representadas e compartilhadas por diferentes agentes.

Geralmente, uma ontologia é definida segundo alguns elementos [22]:

- **Objetos:** representam as unidades básicas do domínio;
- **Classes:** grupos de objetos que possuem características semelhantes;
- **Propriedades ou atributos:** características que compõem objetos ou são possuídas por eles. Podem possuir um valor associado;
- **Relações:** ligações entre objetos do domínio. Pode-se definir como um objeto que possui outro como atributo.

Vejamos um breve exemplo de modelagem através de Ontologias. Tendo em mente o domínio dos produtos de informática, podemos definir uma classe geral chamada Produto. Esta classe, pode ser dividida em duas subclasses, as dos produtos de Software e as de Hardware. Entretanto, as subclasses geradas podem ainda ser subdivididas formando novas classes. A figura 6 demonstra graficamente o modelo ontológico para este domínio.

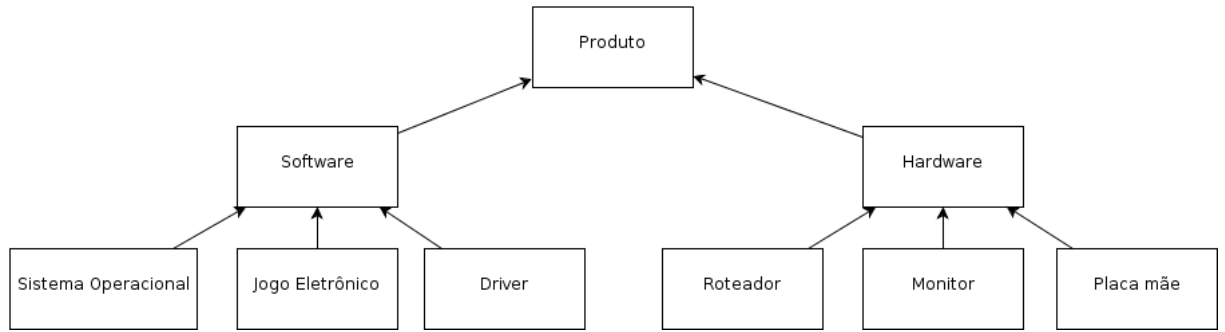


Figura 6. Modelo ontológico para o domínio de produtos de informática.

Utilizando o exemplo acima, cada classe de Produto pode agrupar uma série de objetos, que, por sua vez, são descritos através de características. A figura 7 refere-se à representação ontológica de produtos que fazem parte da classe “Jogos Eletrônicos”. Nessa representação, os atributos que descrevem os objetos são: nome, preço e ano de lançamento.



Figura 7. Exemplo de uma representação ontológica de objetos (jogos eletrônicos) através de atributos.

Esta técnica de representação tem sido amplamente empregada para a otimização de buscas de informação em base de dados muito grandes. O objetivo é prover uma série de filtros, criados com base nos atributos definidos para os objetos do domínio, que direcionam o usuário a recuperar a informação desejada [24]. Além disso, grande parte dos sistemas de recomendação implementados por sites de compra na Internet têm utilizado esse conceito para refinar o conjunto de produtos recomendados que é apresentado ao usuário [25] [26].

A modelagem ontológica é agregada neste trabalho na definição de um Sistema de Apoio a Decisão. Apresentaremos, a seguir, uma contextualização a respeito deste tipo de sistema.

2.4 Sistemas de Apoio a Decisão

Sistemas de Apoio a Decisão (SAD) são sistemas de informação que tem como objetivo auxiliar a resolução de problemas, provendo um mecanismo que permite ao usuário aperfeiçoar seu processo de tomada de decisão [2].

Os SADs têm sido largamente aplicados em situações onde o grande número de informações torna inviável a análise por parte de um profissional humano, ou em problemas onde as decisões requerem muita precisão [27].

A implementação de um SAD, desse modo, se propõe a aumentar a produtividade e a eficiência no processo decisório. Uma empresa, por exemplo, poderia conseguir maior vantagem competitiva no mercado, caso a decisão de escolha por um fornecedor reduza o custo de compra de algum produto, oferecendo melhores preços ao consumidor final.

Neste contexto, o emprego de técnicas de Inteligência Artificial na construção desses sistemas, traz alguns benefícios, por exemplo: capacidade de aprendizagem, adaptatividade e capacidade de generalização. SADs que implementam estas técnicas são referenciados pela literatura como Sistemas de Apoio a Decisão Inteligentes (SADIs) [2].

A capacidade de aprendizagem diz respeito à possibilidade de um sistema aprender como responder a determinadas situações, dado um conjunto de entradas de exemplo. De modo análogo, a generalização define a capacidade de responder a situações não previstas, utilizando o aprendizado já adquirido [2].

A adaptabilidade refere-se como o sistema pode modificar seu comportamento, de maneira automática, tendo como base as informações de entrada que ele recebe.

Neste trabalho, vamos nos ater a utilizar os conceitos do processo semiótico de manipulação e aquisição de conhecimento para prover as características acima citadas em um Sistema Inteligente de Apoio a Decisão de Compra. Apesar de que a abordagem proposta permite algum tipo de generalização, haja vista que decisões anteriores podem ajudar decisões presentes.

Capítulo 3

Proposição do Sistema

Este capítulo apresenta a descrição de um Sistema de Apoio à Decisão de Compra que utiliza os princípios da Semiótica de Peirce na percepção e valoração de informações, baseado nos conceitos abordados no capítulo anterior. Este sistema foi inspirado pelas contribuições do estudo realizado de Barros [9] e nas ideias de Gudwin [10], que permitem a integração da Lógica Semiótica em ambientes computacionais.

3.1 Modelo Idealizado

Uma decisão de compra envolve a avaliação de um grande número de informações. O sistema proposto neste trabalho utiliza a representação semiótica e a valoração de informação no processo decisão de compra de produtos que mais se afinam as preferências do comprador. Uma visão geral da arquitetura do modelo definido por este trabalho pode ser visualizada pela figura 8.

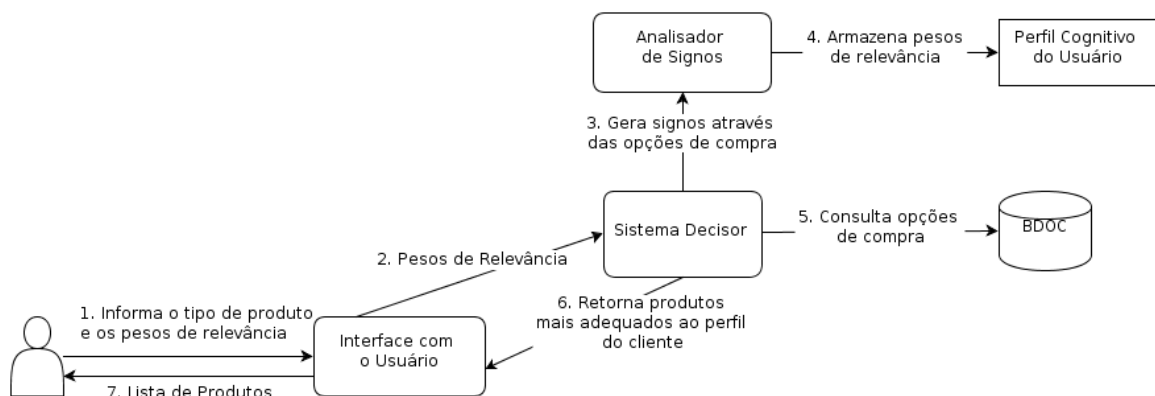


Figura 8. Arquitetura do modelo proposto para um sistema de apoio à decisão baseado nos conceitos da Semiótica

O sistema idealizado é composto quatro módulos. O módulo de Interface com o usuário é responsável por gerenciar os dados informados pelo usuário e as informações providas pelo sistema durante todo o processo de decisão. Por sua vez,

o módulo Analisador de Signos tem como objetivo a construção das representações semióticas a partir das opções de compra.

O Perfil Cognitivo do Usuário (PCU) armazena as preferências do usuário, que serão utilizadas para balizar o Sistema decisor, responsável por elencar as possíveis decisões de compra. Por fim, o Banco de Dados de Opções de Compra (BDOC) armazena os dados relativos às opções de produtos disponíveis para compra, do qual se serve todo o sistema de decisão.

Neste contexto, o processo de tomada de decisão se inicia com a escolha do tipo de produto desejado pelo usuário (e.g. automóvel, telefone celular, notebook, etc.). O sistema então verifica se já existe, para este usuário, um conjunto de preferências ou restrições definido. Caso haja, as informações contidas no perfil são repassadas para o Analisador de Signos, para que este realize a classificação das opções de compra.

Entretanto, caso o usuário não possua critérios de preferência ou restrições definidos previamente, uma lista contendo todos os atributos que compõem o tipo de produto selecionado é exibida, solicitando-lhe que defina o grau de importância que cada atributo deve exercer no processo de decisão ou as restrições que serão aplicadas a este.

Esta estrutura permite ao sistema selecionar produtos que possuam maior conformidade com o perfil do usuário. A tabela 3 apresenta um exemplo de representação da importância de atributos na compra de um automóvel, utilizando uma escala de 0 a 100 onde quanto maior o valor, maior será o grau de importância atribuído à característica do produto.

Tabela 3. Exemplo de configuração do grau de importância dos atributos de um automóvel

Atributo	Câmbio Automático	Ar-condicionado	Travas elétricas
Importância	20%	100%	80%

Concluída a fase de definição do Perfil de Usuário, o Analisador de Signos recupera as entradas contidas no BDOC, gerando signos para cada uma delas, conferindo-as uma classificação. Esta classificação leva em consideração os valores

referentes a cada atributo do produto, aplicando-se o respectivo grau de importância definido pelo usuário.

Após isso, o mecanismo de decisão, que nesta abordagem foi idealizado como um ranqueamento de itens, apresenta ao usuário as opções de produtos classificadas como mais relevantes e este escolhe uma dentre as opções retornadas pelo sistema. Ao realizar a escolha, o sistema armazena os dados relativos ao produto comprado no histórico de decisões contidas no módulo de Perfil Cognitivo do Usuário. Dessa forma, o sistema decisor poderá acompanhar o histórico de compras realizadas, utilizando as experiências anteriores para auxiliar o processo de decisão.

3.1.1 Representação semiótica de objetos na arquitetura proposta

Ao ser perceber o problema de decisão a ser apoiado, é necessário que o Analisador de Signos crie representações das opções de compra contidas no BDOC para que estas possam ser posteriormente avaliadas pelo Sistema Decisor. Dessa forma, utilizando-se do mecanismo de decomposição ontológica de objetos, no modelo proposto cada produto contido na base de dados será representado a partir das características que o compõem.

Pode-se, então, definir um produto como uma tupla $P = (a_1, a_2, \dots, a_n)$, onde a_i é um atributo deste [25][15]. Um exemplo de decomposição ontológica para uma compra de automóvel pode ser visto na Tabela 4, utilizando-se uma representação onde cada atributo possui um valor correspondente.

Tabela 4. Exemplo de representação de uma opção de compra de automóvel

Automóvel	Potência do Motor (em hp)	Km por litro (na cidade)	Km por litro (na estrada)	Número de Portas
Fiat Palio	115	16	18	2
Ford Focus	155	12	14	4

Para fins de cálculo, o modelo proposto utiliza valores contínuos no intervalo [0,1] para cada atributo de um produto. De forma semelhante, atributos que possuem valores como “Sim” ou “Não”, “Possui” ou “Não possui”, como o fato de um

automóvel possuir ou não ar-condicionado, foram representados pelos valores 0, caso o produto não possua a característica ou a funcionalidade definida pelo atributo, ou 1, caso o produto possua a característica.

Na fase de análise do produto pelo Sistema Decisor, é atribuído à cada representação um fator responsável por classificar a decisão como aceitável ou não. Este fator, denominado Satisfação, confere um sentido à representação, tornando-a melhor interpretável pelo usuário.

Nota-se que este processo de representação tem como resultado a geração de um signo (Produto), seguindo a tríade semiótica instituída por Peirce [18] e vista no Capítulo 2 deste trabalho, que pode ser identificado como mostra a Figura 9.

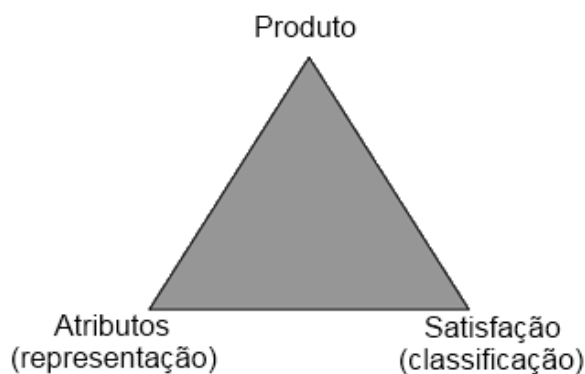


Figura 9. Tricotomia de Peirce no processo semiótico de representação de uma opção de compra de um produto

Contudo, a representação ontológica de um produto não atua apenas no mecanismo de avaliação. Ela igualmente age sobre o Perfil Cognitivo do Usuário, onde são armazenadas representações referentes aos produtos anteriormente escolhidos. Esta capacidade confere a possibilidade de decidir por produtos que tenham correspondência maior aos já comprados anteriormente, atendendo as preferências do consumidor.

3.1.2 Perfil cognitivo do usuário

Para que o sistema possa se harmonizar com os desejos do usuário ao realizar uma decisão de compra, primeiramente, é necessário aferir suas preferências relativas ao produto que deseja comprar.

O armazenamento destas preferências é feito numa estrutura de dados denominada Perfil Cognitivo do Usuário (PCU) [2], que além de conter informações sobre a relevância dos atributos dos produtos para o usuário, também armazena o histórico de compras já realizadas. Esta estrutura é importante pelo fato de influenciar no processo de decisão, balizando o mecanismo de avaliação dos produtos sugeridos pelo sistema.

Além disso, o PCU contém informações relativas a restrições definidas pelo usuário para a realização de uma decisão de compra. Restrições atuam como seletores de opções de compra, refinando o resultado do processo de decisão.

No modelo proposto dois tipos de restrições foram definidos: as restrições de preço e as de marca. O primeiro tipo reflete a escolha de uma faixa de preço que pode ser definida pelo usuário, limitando o valor do produto que será retornado pelo sistema. De modo semelhante, as restrições de marca permite ao usuário definir uma determinada marca de produto impondo ao sistema que busque pelas opções de produtos que possuem a marca solicitada.

Para construir a estrutura do PCU, entretanto, o usuário deve interagir com o sistema, objetivando a extração das informações necessárias na condução do processo decisório. Para isso, um formulário deve ser preenchido pelo usuário, contendo os graus de importâncias que ele atribui a cada característica do produto desejado.

A relevância dos atributos é representada por uma tupla de pesos w , definida pela Equação 2, que pondera o cálculo da avaliação das opções de compra. Para um sistema que lide com decisões de compra que envolvam automóveis e celulares, por exemplo, a n-upla de pesos pode ser constituída pela relevância dos atributos Potência do Motor, Consumo de combustível, Duração da Bateria e Wi-Fi.

$$w = (w_1, w_2, \dots, w_n) \quad (2)$$

Uma característica importante é que a n-upla de relevância possui informação sobre os atributos correspondentes a todos os tipos de produto. Dessa forma, uma possível configuração desta pode conter, simultaneamente, atributos referentes a produtos como automóveis, celulares e aparelhos de som, por exemplo, definindo a preferência geral do usuário para os diferentes tipos de produtos.

Isto significa que produtos que partilham da mesma característica poderão possuir o mesmo grau de relevância para esta, reforçando a decisão baseada a experiência previamente adquirida com as compras já realizadas, como será explicado posteriormente.

3.1.3 Avaliação das opções de compra

Após a fase de criação das representações, o Analisador Semiótico entrega ao Sistema Decisor todos os signos gerados a partir das opções de compra, para que este realize a seleção das alternativas que serão apresentadas ao usuário. Inicia-se, portanto, a fase de avaliação das opções de compra.

O modelo proposto define o resultado desta avaliação através de um fator classificatório, denominado de Satisfação que representa o quão promissora é uma opção candidata a solucionar o problema de compra.

Como visto no capítulo 2 deste trabalho, o consumidor assume que cada atributo de um produto possui uma função utilidade que define o grau de satisfação parcial que este oferece na avaliação total do produto [11]. Dessa forma, a Satisfação pode ser expressa por uma soma ponderada das satisfações parciais relativas a cada atributo do produto, como mostrado a Equação 1 [15].

Portanto, as alternativas de compra que possuem maior valor de Satisfação serão elencadas pelo sistema, afim de que o usuário opte por uma delas.

Embora a equação de avaliação das alternativas seja relativamente simples, a escolha dos pesos w_i é de carácter subjetivo, devendo cada um deles ser informado pelo usuário na fase de criação do seu perfil cognitivo. Esta particularidade provê ao sistema uma maior adaptabilidade às preferências do usuário, significando que usuários diferentes poderão obter decisões diferentes.

Para exemplificar o processo de cálculo do fator de Satisfação, consideremos que um determinado usuário deseje comprar um automóvel utilizando o sistema proposto e tenha conferido o grau de importância aos atributos conforme a Tabela 5. Para facilitar os cálculos na avaliação da Satisfação neste exemplo, foi aplicada uma normalização dos graus de importâncias apresentados.

Tabela 5. Exemplo de configuração da relevância dos atributos de um automóvel

Atributo	Potência do Motor	Km por litro (na cidade)	Km por litro (na estrada)	Número de Portas
Importância	100%	20%	0%	100%
Valor Normalizado	0,454	0,09	0	0,454

Dadas as opções de compra da Tabela 4, contida na seção 3.1.1 deste trabalho, a Satisfação atribuída aos automóveis Fiat Palio (S_1) e Ford Focus (S_2) obedecem a Equação 1 e tem como resultado:

$$S_1 = 0,454 * (115) + 0,09 * (16) + 0 * (18) + 0,454 * (2) = 30125,708$$

$$S_2 = 0,454 * (155) + 0,09 * (12) + 0 * (14) + 0,454 * (4) = 47350,936$$

Sendo assim, a opção de compra do Fiat Palio possui maior Satisfação quando comparada com a opção do Ford Focus, pela análise dos atributos através da preferência do usuário.

Pode-se perceber que quanto maior o número de opções de compra e/ou de atributos de produtos melhor será o processo de avaliação, decorrente do fato de o sistema operar sobre um maior número de dados, realizando análises e comparações mais refinadas.

3.1.4 Influência das compras anteriores na avaliação da Satisfação

No modelo proposto, as compras já realizadas pelo usuário exercem influência no processo de decisão de compra. Os pesos de relevância dos atributos definidos pelo usuário e utilizados nas compras anteriores atuam diretamente no cálculo da satisfação.

A atuação ocorre na similaridade entre produtos. Caso o usuário já tenha definido um peso de relevância para um determinado atributo de um produto comprado anteriormente e o produto de desejo atual possuir este mesmo atributo, o valor definido pelo usuário será importado como grau de relevância deste atributo na atual situação de compra.

Um usuário que tenha comprado, por exemplo, um telefone celular atribuindo uma relevância de 0.3 à característica Wi-Fi, terá, em um novo processo de decisão

para compra de um Tablet (que também possui a característica Wi-Fi), este mesmo valor previamente estabelecido – estamos assumindo isso. Logo, não será necessário definir um valor manualmente para este atributo, embora seja permitido ao usuário fazer isto.

Esta assunção auxilia na modelagem da propriedade cognitiva dos consumidores que ao se depararem com um problema de compra consultam as experiências anteriores, visando uma melhor tomada de decisão [11].

3.2 Sistema Desenvolvido

O sistema implementado baseado no modelo proposto foi desenvolvido na plataforma Microsoft .NET, em sua versão 3.5, utilizando-se a linguagem de programação C#, pelo fato de apresentar as vantagens de uma linguagem de programação orientada a objetos (LPOO) e por possuir um grande número de bibliotecas utilitárias que facilitaram o processo de implementação.

A figura 10 mostra um diagrama conceitual do sistema, contendo suas classes e o relacionamento entre elas.

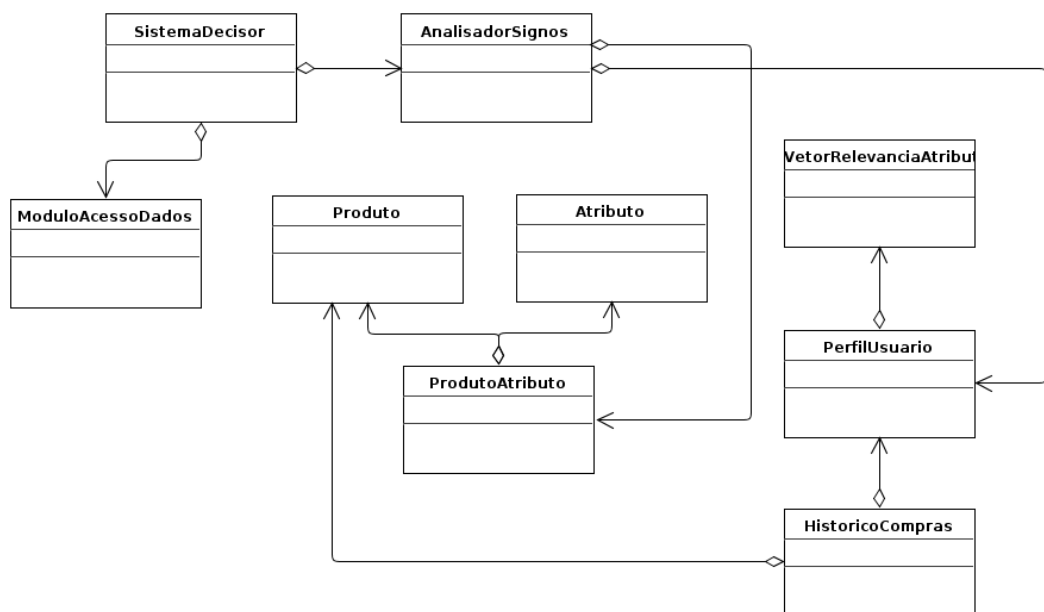


Figura 10. Diagrama conceitual UML do sistema desenvolvido

A classe SistemaDecisor, possui uma instância de AnalisadorSignos e delega a esta a criação dos signos referentes às opções de compra recuperadas pelo ModuloAcessoDados.

O AnalisadorSignos constrói os signos dos produtos, associando os atributos que os constituem, aplicando a normalização de seus respectivos valores. Ele utiliza a classe PerfilUsuario para obter o vetor de relevância de atributos referente à decisão de compra. Ainda nesse processo, ele confere o histórico de compras, aplicando a influência das relevâncias utilizadas nas compras anteriores.

Após isso, o fluxo principal retorna ao SistemaDecisor que realiza o cálculo do fator Satisfação e a classificação dos produtos, apresentando ao usuário a lista de produtos que obtiveram maiores valores para este fator.

Capítulo 4

Experimentos e Resultados

Este capítulo contém os experimentos realizados na validação do modelo proposto por este trabalho. Foram realizados dois experimentos para avaliar o processo de apoio a decisão provido pelo modelo. O primeiro teve como objetivo verificar a diversidade das opções de compra retornadas pelo sistema utilizando-se configurações diferentes para o Perfil do Usuário. O segundo, objetivou aferir a influência presente devido ao histórico de compras realizadas pelo usuário.

Para o primeiro experimento, foi empregada a base de dados *Auto Imports Database*, obtida do repositório *UCI Machine Learning* [28], que oferece um conjunto de informações referentes a modelos de automóveis, contendo diversas características técnicas como número de portas do veículo, potência do motor (em cavalos de potência), preço do modelo, tipo de combustível utilizado, entre outras.

Uma segunda base de dados, artificial, denominada *SmartElectro*, foi gerada com informações referentes a características de telefones celulares e tablets, para a validação da influência da similaridade entre produtos que compartilham atributos semelhantes no processo de decisão. Esta base foi criada utilizando dados obtidos no portal eletrônico *GSM Arena* [29].

Foi realizado um pré-processamento nos dados contidos nas bases utilizadas, eliminando os registros que possuíam atributos com valores não informados e normalizando os valores presentes para recaírem sobre o intervalo [0,1].

A Tabela 6 mostra como as bases de dados utilizadas nos experimentos estão organizadas.

Tabela 6. Organização das bases utilizadas na validação do modelo proposto

Base de Dados	Número de atributos utilizados	Número de registros
Auto	9	197
SmartElectro	5	20

4.1 Avaliação da influência do Perfil do Usuário no processo de decisão

Este experimento tem como objetivo avaliar a conformidade das decisões elencadas pelo sistema com relação às definições de preferências utilizadas na construção do Perfil do Usuário.

Para este fim, utilizou-se a base de dados Auto e foram criados dois perfis de usuário conferindo-lhes diferentes configurações de pesos de relevância para os atributos de um automóvel. A Tabela 7 demonstra as configurações geradas aleatoriamente para cada usuário.

Tabela 7. Configurações da relevância dos atributos de um automóvel para o experimento de avaliação de conformidade

Atributo	Perfil de Usuário A	Perfil de Usuário B
Potência do Motor	50	80
Máxima RPM	30	50

Km por litro (cidade)	90	20
Km por litro (estrada)	90	80
Utiliza gasolina	100	50
Utiliza diesel	0	100
Possui 4 portas	100	0

O comportamento que se pretende alcançar neste experimento é que para cada configuração diferente de perfil de usuário, listas diferentes de opções de automóvel sejam retornadas pelo sistema.

As três opções de compra de automóveis, com valores de atributos normalizados, que obtiveram maior Satisfação como resultado do experimento são apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8. Resultados obtidos no experimento para diferentes configurações de perfil de usuário

Sugestão	Atributo	Perfil de Usuário A	Perfil de Usuário B
1	Marca	Toyota	Honda
	Preço	7738	6479
	Satisfação	0,7587	0,5964
	Potência do Motor	0,1028	0,0467
	Máxima RPM	0,2653	0,2653
	Km por litro (cidade)	0,6944	1
	Km por litro (estrada)	0,8157	1
	Utiliza gasolina	Sim	Sim

	Utiliza diesel	Não	Não
	Possui quatro portas	Sim	Não
2	Marca	Chevrolet	Porsche
	Preço	6575	32528
	Satisfação	0,7541	0,6071
	Potência do Motor	0,1028	0,7429
	Máxima RPM	0,5102	0,7142
	Km por litro (cidade)	0,6944	0,1111
	Km por litro (estrada)	0,7105	0,2368
	Utiliza gasolina	Sim	Sim
	Utiliza diesel	Não	Não
	Possui quatro portas	Sim	Sim
3	Marca	Dodge	Chevrolet
	Preço	6229	5151
	Satisfação	0,6919	0,6550
	Potência do Motor	0,0934	0
	Máxima RPM	0,5510	0,3877
	Km por litro (cidade)	0,5	0,9444
	Km por litro (estrada)	0,5789	0,9736
	Utiliza gasolina	Sim	1

	Utiliza diesel	Não	0
	Possui quatro portas	Sim	0

Os perfis utilizados refletem comportamentos bastante diferentes. O usuário de perfil A prefere automóveis que sejam mais econômicos no consumo de combustível, pelo fato de atribuir valor 90 às características ligadas a este fator (Km por litro). Já o usuário de perfil B prefere carros com maior potência de motor ou que consumam menos combustível na estrada e que não possuam quatro portas.

Como apresentado nos resultados, os automóveis indicados para o usuário de perfil A se adequam suas preferências, possuindo quatro portas e mostrando economia de combustível (valores acima de 0,69 para estas características). Da mesma forma, para o usuário de perfil B foram fornecidos automóveis que não possuíssem quatro portas e que apresentassem potência de motor elevada (a opção Porsche) ou economia de combustível na estrada (a opção Honda).

Devido às diferenças nas características dos automóveis retornados pelo sistema, pode-se afirmar, então, que o experimento atingiu seu objetivo, estando os resultados em conformidade com as preferências definidas por cada perfil de usuário.

4.2 Avaliação da influência do histórico de compras no processo de decisão

O objetivo deste experimento é avaliar a influência do histórico de compras no processo de decisão de compra. Para isto, foi utilizada a base de dados SmartElectro, contendo informações técnicas de tablets e telefones celulares.

Ao realizar uma compra, o sistema armazena os pesos de relevância definidos para os atributos do último produto comprado. Para uma nova compra, caso o produto desejado possuam algum atributo em comum com os últimos produtos comprados, o sistema atribui ao peso de relevância desse atributo o valor que foi utilizado pelo usuário na última compra.

Para realizar este experimento, foi criado um perfil de usuário com valores aleatórios para o pesos de relevância tendo em vista a compra de um telefone celular. A Tabela 9 demonstra esta configuração de perfil.

Tabela 9. Pesos de relevância obtidos aleatoriamente para a compra de um telefone celular

Atributo	Peso de relevância
Possui Wi-Fi	100
Possui 3G	20
Duração da Bateria	100
Sistema Operacional Android	80
Sistema Operacional iOS	40

Realizando o processo de apoio a decisão, como resposta do sistema obtivemos as opções de telefones celular mostrados na Tabela 10.

Tabela 10. Opções obtidas na decisão de compra de um telefone celular utilizando-se os pesos de relevância definidos na Tabela 9.

	Atributo	Telefone Celular
1	Marca	Samsung
	Satisfação	0,7348
	Possui Wi-Fi	Sim
	Possui 3G	Não
	Duração da Bateria	0.7
	Sistema Operacional Android	Sim
	Sistema Operacional iOS	Não

2	Marca	Apple
	Satisfação	0.6454
	Possui Wi-Fi	Sim
	Possui 3G	Sim
	Duração da Bateria	0.6
	Sistema Operacional Android	Não
	Sistema Operacional iOS	Sim

Independente da decisão de compra do usuário, os valores da relevância utilizados nesta decisão são armazenados no Histórico de Compras. Ao executar novamente o apoio a decisão de compra modificando, agora o tipo do produto para tablet (que possui o mesmo conjunto de atributos de um telefone celular), o sistema automaticamente verifica se existe alguma característica do produto tablet em comum com algum produto já comprado.

Como o usuário acabou de realizar uma compra de um telefone celular, o sistema consulta os valores dos pesos atribuídos às características deste produto e retorna automaticamente uma lista contendo tablets com satisfação calculada através dos pesos utilizados na compra do telefone celular. A Tabela 11 mostra o resultado desta operação.

Tabela 11. Resultado do experimento de avaliação da influência do histórico de compras no processo de decisão de compra.

	Atributo	Tablet
1	Marca	Apple
	Satisfação	0.9415
	Possui Wi-Fi	Sim

	Possui 3G	Sim
	Duração da Bateria	0.5
	Sistema Operacional Android	Não
	Sistema Operacional iOS	Sim
2	Marca	Nokia
	Satisfação	0,677
	Possui Wi-Fi	Sim
	Possui 3G	Sim
	Duração da Bateria	0.87
	Sistema Operacional Android	Não
	Sistema Operacional iOS	Não

Como esperado, o sistema retornou produtos que se assemelham com o histórico de produtos comprados pelo usuário, respeitando as preferências definidas pelo seu perfil. Por esse motivo, podemos afirmar novamente que o experimento alcançou seu resultado.

Capítulo 5

Conclusão e Trabalhos Futuros

Neste capítulo serão relacionadas as contribuições obtidas pelo sistema idealizado, além de um breve comentário referente à conclusão do trabalho desenvolvido e, por fim, serão apresentadas possíveis melhorias para o modelo proposto.

5.1 Considerações

O objetivo deste trabalho foi idealizar um sistema que fosse capaz de apoiar a tomada de decisão de compra na perspectiva do consumidor, provendo mecanismos de avaliação e seleção de opções, tornando menos árduo o processo de realização de compras de produtos.

Os resultados obtidos nos experimentos demonstraram que o sistema proposto contribui de forma significativa no processo de decisão de compra no domínio escolhido, reduzindo a quantidade de tempo utilizado pelo consumidor ao analisar informações referentes ao produto que deseja obter.

Além disso, a abordagem idealizada mostrou-se capaz de atender a diferentes tipos de perfis de usuários, adequando-se às preferências destes e provendo opções de compra que se assemelham ao seu objetivo de compra.

Outra importante contribuição desta abordagem é a incorporação dos processos cognitivos, realizados pelo consumidor durante a análise das diversas características de um produto, ao sistema desenvolvido. Esta característica permite ao consumidor direcionar seus esforços na busca por informações mais específicas, reduzindo o volume de dados que seriam por ele analisados.

5.2 Melhorias e Trabalhos Futuros

O desenvolvimento do sistema proposto trouxe elucidaciones a cerca de alguns pontos de melhoria, dentre os quais:

- Expandir o modelo para lidar com produtos que possuem dependência com outros. Por exemplo, produtos que para funcionarem necessitam de outros da mesma marca;
- Incorporar a avaliação negativa ou positiva do usuário após realizar uma compra, conferindo uma classificação aos produtos em forma de ranking;
- Modificar a equação do fator Satisfação, refinando o processo de avaliação das opções de compra;

- Utilizar um análise de compras aferindo relacionamentos entre decisões de compras realizadas por usuários diferentes;
- Incorporar a recomendação de produtos de tipos diferentes no processo de decisão;
- Comparar a performance com outros sistemas de compra;
- Incorporar o sistema desenvolvido a algum portal de compras de produtos na Internet.

Bibliografia

- [1] LEITE, E. **O fenômeno do empreendedorismo: criando riquezas**. Recife: Bagaço, 2000.
- [2] OLIVEIRA, F. R. S. **Novas abordagens para diálogos flexíveis em sistemas de apoio à decisão inteligentes**. Universidade de Pernambuco - [S.I.]. 2009.
- [3] SANTAELLA, L. **O que é Semiótica**. São Paulo: Brasiliense, 1983.
- [4] ECO, U. **O Signo**. Lisboa: Imprensa Nacional Casa da Moeda, 1994.
- [5] CHURCHILL, G. A. e PETER, J. P. **Marketing: criando valor para o cliente**. São Paulo: Saraiva, 2000.
- [6] KOTLER, P. **Administração de marketing: análise, planejamento, implementação e controle**. 5ª. ed. São Paulo: Atlas, 1998.
- [7] DRUZDZEL, M. J. **Probabilistic Reasoning in Decision Support Systems: From Computation to Common Sense**. Carnegie Mellon University - [S.I.]. 1992.
- [8] RUSSELL, S. e NORVIG, P. **Inteligência Artificial**. [S.I.]: Campus, 2004.
- [9] BARROS, R. C. **Estudos Preliminares de Semeiose Automática no Subsistema de Percepção de Agentes Inteligentes**. Universidade de Pernambuco - [S.I.]. 2009.
- [10] GUDWIN, R. R. **Semiônica : Uma Proposta de Contribuição à Semiótica Computacional Agradecimentos**. UNICAMP - [S.I.]. 2002.
- [11] KOTLER, P. et al. **Principles of marketing**. [S.I: s.n.], 1999.
- [12] MOWEN, J. C. e MINOR, M. S. **Comportamento do consumidor**. São Paulo: Prentice Hall Brasil, 2003.
- [13] WINTERFELD, D. Von e EDWARDS, W. **Decision Analysis and Behavioral Research**. . Cambridge: Cambridge UniversityPress, 1986. p. 604
- [14] WATABE, K. e IWASAKI, K. Factors Affecting Consumer Decisions about Purchases at Online Shops and Stores. **The 9th IEEE International Conference on E-Commerce Technology and The 4th IEEE International Conference on Enterprise Computing, E-Commerce and E-Services (CEC-EEE 2007)**, p. 80-90, doi:10.1109/CEC-EEE.2007.49, 2007.
- [15] LEE, D. et al. **BestChoice : A Decision Support System**. [S.d.].

- [16] SOLOMON, M. R. **O comportamento do consumidor: comprando, possuindo e sendo**. 5ª. ed. Porto Alegre: Bookman, 2002.
- [17] NÖTH, W. **Panorama da Semiótica de Platão a Peirce**. São Paulo: Annablume, 1995.
- [18] PEIRCE, C. S. **The Collected Papers of Charles Sanders Peirce**. [S.l: s.n.], [S.d.].
- [19] GUDWIN, R. R. **CONTRIBUIÇÕES AO ESTUDO MATEMÁTICO DE SISTEMAS INTELIGENTES**. UNICAMP - [S.l.]. 1996.
- [20] GUDWIN, R. e GOMIDE, F. **A computational semiotics approach for soft computing**. **1997 IEEE International Conference on Systems, Man, and Cybernetics. Computational Cybernetics and Simulation**. Campinas: Ieee. Disponível em: <<http://ieeexplore.ieee.org/lpdocs/epic03/wrapper.htm?arnumber=633294>>, 1997.
- [21] GUDWIN, R. e QUEIROZ, J. **Semiotics and Intelligent Systems Development**. Hershey: IGI Global, 2006.
- [22] CHANDRASEKARAN, B. e JOSEPHSON, J. R. What are ontologies, and why do we need them? **Systems and Their**, v. 14, n. 1, p. 20-26, doi:10.1109/5254.747902, 1999.
- [23] GRUBER, T. R. **Toward Principles for the Design of Ontologies Used for Knowledge Sharing**. 1993.
- [24] O'LEARY, D. Using AI in knowledge management: Knowledge bases and ontologies. **Intelligent Systems and their Applications, IEEE**, 1998.
- [25] ZHANG, L.; ZHU, M. e HUANG, W. A Framework for an Ontology-based E-commerce Product Information Retrieval System. **Journal of Computers**, v. 4, n. 6, p. 436-443, doi:10.4304/jcp.4.6.436-443, 2009.
- [26] CORCHO, O. Solving integration problems of e-commerce standards and initiatives through ontological mappings. p. 1-10, 2001.
- [27] DRUZDZEL, M. J. e FLYNN, R. R. **Decision support systems**. . Pitsburg: [s.n.]. Disponível em: <<http://www.springerlink.com/index/NQ0687V416K21076.pdf>>. Acesso em: 20 maio. 2012, 2002.
- [28] NEWMAN, D. J. et al. **UCI Repository of machine learning**. . Irvine: University of California. Disponível em: <<http://archive.ics.uci.edu/ml/>>, [S.d.].
- [29] **GSM Arena**. Disponível em: <<http://www.gsmarena.com>>. Acesso em: 20 maio. 2012.