**Abordagem de Grafos para o Problema de Definição de Uma Rota Ótima para Conexões de Vôos Aéreos**

**Fabio Dela Bruna¹, Márcio Ozório Teixeira¹**

¹Departamento de Ciência da Computação

UNISUL – Universidade do Sul de Santa Catarina

Caixa Postal: 370 CEP: 88704-900 Tubarão – SC - Brasil

{fabio.bruna, marcio.teixeira}@unisul.br

***Abstract.*** *This article presents a study of the concepts of graph theory, that has been used to solve problems of several areas of the mathematics, computer science, engineering and among others. One of them is the graph application to recognize the smallest road, and this consists of recognizing the smallest road between two or more points. This way, this article detaches the development of a system that solves the problem of definition of an aerial route with great road using graph.*

***Resumo.*** *Este artigo apresenta um estudo dos conceitos de teoria de grafos, que vem sendo utilizado para solucionar problemas de diversas áreas da matemática, informática, engenharia e dentre outras. Uma delas é a aplicação de grafos para reconhecer o menor caminho, sendo que este consiste em reconhecer o menor caminho entre dois ou mais pontos. Desta forma, este artigo destaca o desenvolvimento de um sistema que resolva o problema de definição de uma rota aérea com caminho ótimo utilizando grafos.*

1. **Introdução**

Sabemos que a área de computação está profundamente atrelada à matemática, desta forma, iremos demonstrar neste artigo o estudo de um algoritmo que utiliza o conceito de teoria de grafos para resolução de problemas um tanto complexos, pois, são difíceis de serem resolvidos e com a utilização de algoritmos contendo o conceito de grafo, podemos resolver esses problemas de uma forma muito mais rápida e eficaz. Portanto, resolvemos utilizar o conceito de grafos com o problema de caminho mínimo, utilizando o algoritmo de Dijkstra. Estamos cientes de que o trânsito terrestre tem aumentado cada vez mais, desta forma, fazendo com que o espaço aéreo seja monitorado rigorosamente, sendo assim, resolvemos desenvolver uma aplicação que propõe uma solução para o problema de definição de rotas aéreas ótimas entre aeroportos, este que se torna importante para aperfeiçoar o tempo de vôo. O algoritmo propõe como solução realizar uma pesquisa dentre as rotas existentes e verificar qual a melhor delas definindo-se antecipadamente a cidade de origem e a cidade destino da rota que será realizada por determinado vôo, proporcionando a otimização do resultado.

**2 Grafo**

**2.1 Conceito**

Segundo Szwarcfiter (1984), um grafo G(V, E) é um conjunto finito não-vazio V e um conjunto E de pares não-ordenados de elementos distintos de V. G é chamado de trivial quando |V| = 1. Quando necessário, se utiliza o termo grafo não direcionado, para designar um grafo. Os elementos de V são os vértices e os de E são as arestas de G, respectivamente. Cada aresta e ϵ E será denotada pelo par de vértices e = (v, w) que a forma. Nesse caso, os vértices v, w são as extremidades da aresta e, sendo denominados adjacentes. A aresta e é dita incidente a ambos v, w. Duas arestas que possuem um extremo comum são chamadas de adjacentes.

Um grafo pode ser visualizado através de uma representação geométrica, na qual seus vértices correspondem a pontos distintos do plano em posições arbitrárias, enquanto que a cada aresta (v, w) é associada uma linha arbitrária unindo os pontos correspondentes a v, w. Na Figura 1 demonstramos um grafo, na qual é composto pelos seguintes vértices e arestas, respectivamente, V = {V1 ,V2, V 3, V 4} e E = { V1V2, V1V 3, V 3V 4, V2V 4}.

V1

V2

V3

V4

**Figura 1. Exemplo de um grafo simples.**

**2.2 Distância**

Segundo Rabuske (1992), dados dois vértices v e w pertencentes ao grafo G(V, E), denomina-se distância, entre v e w, ao comprimento do menor caminho entre esses dois vértices. No caso da não existência desse caminho, considera-se a distância infinita.

**3 Problema do Menor Caminho No Grafo**

De acordo com Rabuske (1992), se o problema for determinar o menor caminho entre os vértices vi e vj, sem restrição, então se pode utilizar o algoritmo de Dijkstra apresentado com maiores detalhes abaixo.

Conforme Sampaio existe uma motivação muito importante para se começar a estudar problemas de caminho, pois, a determinação dos menores caminhos aparece constante e consistentemente como um subproblema da complexidade em grafos. Existem diversos algoritmos já implementados que calculam os caminhos mínimos entre dois ou mais pontos distintos, entre eles estão o algoritmo de Dijkstra e o algoritmo de Floyd.

**3.1 Algoritmo de Dijkstra**

Segundo Rabuske (1992), quanto ao algoritmo de Dijkstra podemos explaná-lo da seguinte forma, seja um grafo G(V, E) e uma função distância L que associe cada aresta (v, w) a um número real não negativo L(v, w) e também um vértice fixo v0 em V, chamado fonte. O problema consiste em se determinar os caminhos de v0 para cada vértice v de G, de tal forma que a somatória das distâncias das arestas envolvidas em cada caminho seja mínima. O algoritmo de Dijkstra publicado em 1950, tem a seguinte idéia:

* Considere o dígrafo G(V, E), uma fonte v0 e uma função L que associe cada aresta a um número real não negativo, isto é,

{

∞ , se não existe a aresta (vi, vj);

L(vi,vj) = 0 , se vi  = vj;

custo, se vi ≠ vj e existe a aresta  (vi, vj) ;

* Constrói-se um conjunto S, que contém os vértices v1`s cujo comprimento mínimo de v0 a cada aresta v1, seja reconhecido.
* A cada passo se adiciona ao conjunto S o vértice w pertencente a V-S tal que o comprimento do caminho v0 a w, seja menor do que o correspondente de qualquer outro vértice de V-S.
* Pode-se garantir que o caminho mínimo de v0 a qualquer vértice v em S contém somente vértices pertencentes a S.

**4 Modelo Proposto: A Abordagem do Caminho Mínimo**

Propomos resolver o problema de otimização para a descoberta da menor rota entre duas ou mais cidades que possuam aeroportos, a ser executada por um vôo aéreo, para isto, utilizamos a técnica de caminho mínimo.

Desenvolvemos uma solução baseada na teoria de grafos para aperfeiçoar o problema de definir um caminho ótimo para rotas aéreas, e para isto, utilizamos informações do Aeroporto Regional Sul Humberto Ghizzo Bortoluzzi, que está sendo construído na cidade de Jaguaruna no sul do estado de Santa Catarina, há 151 kilômetros de Florianópolis, capital do estado. Como o aeroporto ainda não está em funcionamento, foram utilizadas rotas fictícias, ligando o aeroporto de Jaguaruna há outros aeroportos do estado de Santa Catarina para realizar o estudo, porém as distâncias utilizadas foram distâncias reais, em kilômetros, segundo Skyscanner.

De acordo com o conceito de teoria de grafos, precisavam-se definir vértices e arestas, a qual para o nosso problema definiu-se as cidades que possuem aeroportos como sendo a representação dos vértices no grafo e as arestas do grafo ficaram definidas como sendo representadas pelas rotas aéreas entre os aeroportos das cidades, e estes possuem uma distância dada em kilômetros dos aeroportos, que representam a distância no grafo.

Com esses dados selecionados partimos para o desenvolvimento do algoritmo de Dijkstra responsável por realizar a busca pelo menor caminho no grafo. A Figura 2 demonstra à representação do grafo, contendo algumas cidades próximas a cidade de Jaguaruna que também contém aeroportos, e algumas rotas definidas de forma a ilustrar, pois, como o aeroporto ainda esta sendo construído, não existem rotas definidas, e também já tem-se a distancia real em kilômetros de uma cidade a outra.

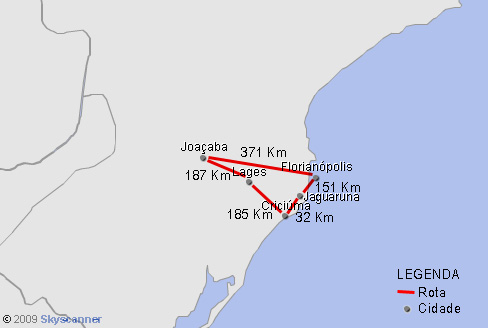


Figura 2 – Representação fictícia de algumas rotas aéreas.

**5 Conclusão**

Mostramos neste artigo uma abordagem de resolução para problemas de otimização. Pretendemos identificar com isso, que solucionar problemas utilizando-se dos conceitos de teoria de grafos para desenvolvê-lo resulta numa aplicação muito mais eficaz e num tempo de desenvolvimento muito bom, além do mais, a aplicação desenvolvida pode ser aplicada as mais diversas áreas que necessitem de respostas rápidas relacionadas à descoberta de um caminho mínimo, basta adaptá-lo, pois, o conceito de grafos é algo genérico.

A necessidade de auxílio na decisão ou na descoberta da melhor rota independentemente do meio utilizado é cada muito grande e então os indivíduos precisam de uma ferramenta para executar este tipo de tarefa, desta forma, com o uso do sistema proposto por companhias aéreas, e até mesmo seus clientes, eles terão um valioso e rápido auxilio para identificarem a menor rota aérea dentre duas cidades, desta forma, provavelmente reduzindo seu tempo de vôo.

**Referências**

Rabuske, Márcia Aguiar. Introdução à teoria dos grafos.Florianópolis: Ed. da UFSC, 1992. 173 p.

Sampaio, R. M.: Yanasse, H. H. Estudo e Implementação de Algoritmos de

Roteamento sobre Grafos em um Sistema de Informações Geográficas.

Disponível em: <http://www.ptr.usp.br/docentes/cbcunha/files/roteirizacao\_aspectos \_praticos\_CBC .pdf >. Acesso em: 16 jun. 2009.

Szwarcfiter, Jayme Luiz. Grafos e algoritmos computacionais.Rio de Janeiro: Campus, 1984. 216 p.

Skyscanner, Aeroportos em Brasil: Pesquisa de vôos rápida e exaustiva. Disponível em: <http://www.skyscanner.pt/aeroportos/br/aeroportos-em-brasil.html>. Acesso em: 16 jun. 2009.