

Sistema especialista de elaboração de cardápios nutricionais

Demitrius Rogério Belai, Universidade Sagrado Coração, Brasil
Patrick Pedreira Silva, Universidade Sagrado Coração, Brasil
Elvio Gilberto da Silva, Universidade Sagrado Coração, Brasil
Larissa Pavarini da Luz, Universidade Sagrado Coração, Brasil

Resumen: *A correta alimentação ajuda para uma vida saudável. O nutricionista é o profissional responsável pela manutenção de hábitos alimentares. Este trabalho visa desenvolver um software de auxílio ao nutricionista na montagem de um cardápio semanal utilizando regras de produção, busca em largura e programação linear. A programação linear é utilizada no cálculo das quantidades dos pratos, a busca em largura na combinação e as regras de produção na seleção dos pratos e validação dos cardápios. O software apresentado consegue gerar cardápios compatíveis com as necessidades básicas diárias de um indivíduo.*

Palabras clave: *sistema especialista, regras de produção, nutrição, inteligência artificial, busca, taco*

Abstract: *The good nutrition helps for a healthy life. The nutritionist is the professional responsible for maintaining the eating habits. This paper aims to develop a software that will help the nutritionist in assembling a weekly menu using production rules, breadth-first search and linear programming. Linear programming is used for calculating the amounts in dishes, the breadth-first search in combination and the production rules in the selection of dishes and validation of menus. The software presented is capable of generating valid menus, compatible with the basic daily needs.*

Keywords: *Expert System, Production Rules, Nutrition, Artificial Intelligence, Search, Taco*

Introdução

A alimentação é uma atividade indispensável para o homem. A correta alimentação ajuda para uma vida saudável. A má alimentação pode gerar diversos problemas como desnutrição, obesidade, diabetes mellitus, hipertensão entre outros. Para uma correta alimentação, faz necessário o nutricionista, profissional responsável pela manutenção de hábitos alimentares (Galisa et al., 2008).

A tarefa de montar cardápios, levando em conta as patologias e os hábitos de seus pacientes é uma tarefa difícil e requer muito trabalho por parte do nutricionista. Planejar um cardápio leva de trinta minutos a três horas (Marling et al., 1999). É necessário selecionar alimentos que compõem as necessidades nutricionais e as predileções do paciente e ainda atenda os hábitos e suas rotinas de modo que sua aceitação seja mais fácil. Um plano alimentar mal elaborado pode gerar resistência em sua aceitação ou desistência em um curto prazo. Esse tempo despendido poderia ser aproveitado, melhorando a qualidade do atendimento do profissional de nutrição, além de que evitaria erros gerados por trabalho repetitivo.

As necessidades nutricionais consistem nas recomendações do valor energético total (VET) expresso em calorias proporcionado pelos nutrientes energéticos proteínas, lipídeos e carboidratos (Galisa et al., 2008). Vitaminas e minerais também fazem parte das recomendações em casos específicos. Além disso, algumas substâncias encontradas em alimentos podem ser restringidas se necessário, como o caso do glúten e da lactose.

A computação pode facilitar o nutricionista a elaborar cardápios que atenda as necessidades nutricionais dos pacientes bem como as seus hábitos e predileções. As pesquisas na elaboração de cardápio utilizando computador foram iniciadas na década de 60. Balintfy (1964) usou a programação linear para a montagem de cardápios minimizando os custos ou maximizando a satisfação do cliente ou até mesmo ambos. Itens do cardápio eram pratos de receitas aceitas e não alimentos individuais, alcançando a palatabilidade. Além disso, tinha o controle de frequência dos alimentos para



preservar a variedade dos cardápios. Ele afirmou que somente um humano poderia julgar os cardápios, sendo assim elaborou a possibilidade de adequações manuais no cardápio gerado pelo sistema.

Eckstein (1967, apud Camargo, 1999) rejeitou a abordagem matemática para uma abordagem aleatória. Ela compôs cardápio com carne, amido, verduras, saladas, sobremesas, pão e bebidas. Cada categoria era preenchida com um item aleatório até que os critérios estabelecidos fossem satisfeitos.

Camargo (1999) propôs a criação de um sistema utilizando raciocínio baseado em casos para o diagnóstico nutricional e prescrição de planos alimentares para doenças degenerativas. Ela utilizou memória prototípica que compreende as categorias de riscos nutricionais.

Miotto (2006) criou um sistema de Web para acompanhamento de tratamentos nutricionais que utiliza raciocínio baseado em caso para recuperação de avaliações anteriores como base para novas prescrições. Como o sistema baseado na Web, permite que o paciente mantenha contato com os nutricionistas além das consultas de retorno.

O objetivo deste trabalho é construir um software para auxiliar o nutricionista a montar um cardápio semanal para um paciente de acordo com suas necessidades nutricionais e predileções, utilizando regras de produção, busca em largura e programação linear.

Tabela de composição de alimentos

Para a montagem de um cardápio levando em consideração os valores nutricionais é preciso o uso de uma tabela com a composição dos nutrientes de cada alimento.

Uma das tabelas disponíveis é a TACO (Taco, 2011), que possui uma versão em planilha eletrônica que pode ser facilmente importada em um banco de dados. Ela é formada pelos principais alimentos consumidos no Brasil e seus dados são para uma porção de 100 g.

Programação Linear

A Programação Linear é a parte dos estudos de pesquisa operacional que lida com problemas de otimização. Um problema de programação linear é constituído por uma função linear objetivo, na qual deve ser minimizada ou maximizada, e por um conjunto de restrições que podem ser equações ou inequações lineares.

Inteligência Artificial

A Inteligência Artificial é “o estudo de como fazer computadores realizarem tarefas em que, no momento, pessoas são melhores” (Rich e Kight, 1991 apud Russell e Norvig, 2010). Segundo Luger (2004), as duas preocupações fundamentais em IA são a representação do conhecimento e a busca.

Os algoritmos de buscas são técnicas que permitem resolver um enigma testando as possibilidades até alcançar o objetivo esperado. Entre os algoritmos, destacam-se a busca em profundidade e a busca em largura. A escolha de uma destas técnicas depende do problema específico que se quer resolver (Luger, 2004).

Os Sistemas Especialistas são sistemas computacionais que reproduzem o conhecimento de um profissional de uma área do conhecimento (Kandel, 1992 apud Fernandes, 2008). Dentre as técnicas de representação do conhecimento estão raciocínio baseado em caso e raciocínio baseado em regras de produção.

Descrição do modelo de funcionamento do sistema

Observa-se que todo o processo de funcionamento da ferramenta está baseado no cardápio nutricional. Um cardápio é formado por uma lista de refeições, que por sua vez é formado por uma lista de pratos. Os pratos podem ser formados por um ou mais alimentos da tabela TACO como pode ser inclusive pratos industrializado onde já se tenha o valor nutricional associado.

No caso do primeiro, deverá ser informada para o sistema qual a proporção de cada alimento para compor esse prato. Além disso, o prato pode pertencer a uma categoria que caracteriza o seu

tipo: guarnição, prato principal, prato base, salada, bebida ou sobremesa. O cadastro dos pratos tem que ser realizado pelo nutricionista que é usuário do sistema.

Na montagem do cardápio, o nutricionista deverá informar ao sistema quais as necessidades nutricionais do paciente, tais como valores mínimo e máximo de calorias, lipídeos, proteínas, carboidratos entre outros, sendo somente obrigatório informar as calorias. O nutricionista deve informar também quais são as refeições que o paciente irá fazer (desjejum, lanche da manhã, almoço, lanche da tarde, jantar, lanche da noite e ceia). O nutricionista também poderá especificar um tipo de prato ou um prato específico requerido nessa refeição. Também poderá especificar nas refeições qual a representatividade calórica para o total que deverá ser consumido diariamente.

Para selecionar os pratos, o cardápio terá em suas refeições slots que serão preenchidos com um prato cada. Um slot é uma posição ocupada por um prato dentro do cardápio. Quando especificado pelo nutricionista, um slot pode ser de um tipo específico de prato, então somente pratos desse tipo poderão preencher esse prato, ou ainda ter um prato fixo.

Para o preenchimento das refeições com pratos, é utilizada a busca em largura. Dado o cardápio indicado pelo nutricionista, o sistema começará a busca. As ações possíveis da busca são colocar um prato em um slot ou adicionar um slot em uma refeição. A busca dá por exaustão, encontrando todas as possibilidades.

Na validação das necessidades nutricionais de um cardápio, o sistema utiliza programação linear para determinar se existe alguma combinação de quantidade dos pratos que satisfaça a restrições nutricionais. Caso não haja, o sistema descartará esse cardápio.

Quando o cardápio atender essas necessidades, o sistema calculará a quantidade mínima e máxima de cada prato de acordo com as restrições nutricionais.

As quantidades são números discretos – inteiros – e são referentes a uma unidade de medida cadastrada para esse prato pelo nutricionista. As unidades de medida podem ser, por exemplo, uma xícara, uma colher, um copo entre outros. Quando uma medida for associada a um determinado prato, deve ser informada a quantidade em gramas do prato para esta medida.

Um sistema de busca não é representação de comportamento inteligente por si só (Luger, 2004). Para ter comportamento inteligente, o sistema utiliza de regras de produção. Essas regras atuam na montagem de um cardápio, na seleção dos pratos e na checagem do cardápio. Na montagem do cardápio, as regras podem definir o que ficou omissso pelo nutricionista, como a quantidade de refeições, os tipos de alimentos e a representatividade calórica em cada refeição. Na seleção dos pratos, as regras podem definir qual prato pode compor um slot. Na validação, pode checar se o cardápio é harmônico e se atende a hábitos regionais.

As regras também podem ser específicas para um paciente, quanto a uma patologia ou um gosto particular, ou para pacientes alérgicos a lactose ou vegetarianos. Nesse caso, as regras podem ser selecionadas sobre demanda.

No final do processo de busca, tem que ser selecionados os cardápios válidos para compor a semana. Nesse processo deve ser checado se o cardápio não se encontra repetitivo para que preserve a variabilidade dos pratos.

Resultados

Para analisar o software, foram realizados diversos testes na busca de um cardápio contendo três refeições (Desjejum, Almoço e Jantar) com o mínimo de 200 kcal e máximo de 300 kcal, mínimo de 400 kcal e máximo de 500 kcal, e mínimo de 300 kcal e máximo 400 kcal para as refeições respectivamente. A este cardápio foi associada à restrição de proteína, mínimo de 30 g e máximo de 45 g, de carboidratos, mínima de 110 g e máximo 180 g, e de fibra, mínimo de 15 g e máximo de 30 g. No Desjejum foi fixado um slot com Leite e um slot com a categoria Pão.

Para obter os resultados, foram cadastrados 24 pratos, distribuídos em 18 categorias. Também foram cadastradas 31 medidas para a utilização nos pratos. Adicionalmente foram consideradas 20 regras de produção no sistema. Na utilização no software para a montagem do cardápio, notou-se que o número de combinações possíveis para este cardápio diário é de 39.270.000, resultando em um longo processo de busca. Por causa disso, foi cadastrada uma nova categoria, na qual foram colocados cinco

pratos, e uma nova regra de produção que retira estes pratos da lista de pratos válidos. Assim, a mesma pesquisa formava 66.15 combinações possíveis, um patamar aceitável para a realização dos testes.

As regras de produção filtraram os pratos para as refeições Desjejum, Almoço e Jantar, selecionando respectivamente 7, 12, 12 para compor estas refeições respectivamente dos 19 pratos que estavam ativos. O total de combinações possíveis para o Desjejum seria de $27 = 128$, mas com as regras e a programação linear apenas 7 foram colocados como válidos. Da mesma forma, o Almoço e o Jantar teriam um total de $212 = 4096$, mas o sistema selecionou apenas 126 para o Almoço e 105 para o Jantar. A combinação total de cardápios diários válidos seria, então, $7 \times 126 \times 105 = 92.610$. Da mesma forma as regras e a programação linear filtraram o total para 66.150 cardápios diários válidos. Assim, o sistema então procura a primeira ocorrência de um cardápio semanal válido em o seu espaço de busca.

Além disso, as regras de produção e a programação linear apresentaram tempo diferenciado no processamento. Quando executada a pesquisa com as regras de produção de checagem de cardápio desativadas e sem restrições nutricionais no cardápio, a busca com os 19 pratos demorou 8,7 segundos. Já ativando as regras e pesquisando sem nenhuma restrição nutricional o tempo gasto foi de 18,5 segundos. Já especificando as restrições nutricionais o software levou 56 segundos. O mesmo teste aplicado a 20 pratos, resultando em um número de combinações de 478.500, apresentou como tempo gasto respectivamente 35 segundos, 91 segundos e 5,5 minutos. A aplicação do mesmo teste com 21 pratos não foi possível, já que o total de combinações possíveis seria de 3.455.820, excedendo a quantidade de memória da aplicação, que era de 2.560 MiB. Caso a taxa de crescimento do tempo se mantivesse constante, é possível estimar que o tempo gasto, neste caso seria de aproximadamente 2,3 minutos, 7,4 minutos e 32,4 minutos, respectivamente.

O cardápio resultante, sem as suas quantidades definidas é apresentado na Figura 1.

Figura 1: Resultado da busca

<i>Domingo</i>	<i>Segunda-feira</i>	<i>Terça-feira</i>	<i>Quarta-feira</i>	<i>Quinta-feira</i>	<i>Sexta-feira</i>	<i>Sábado</i>
<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>	<i>Desjejum</i>
Leite	Leite	Leite	Leite	Leite	Leite	Leite
Pão Caseiro	Pão Caseiro	Pão Caseiro	Pão francês	Pão francês	Pão Caseiro	Pão francês
<i>Almoço</i>	Abacaxi	Banana	Abacaxi	<i>Almoço</i>	Abacaxi	<i>Almoço</i>
Feijão cozido	<i>Almoço</i>	<i>Almoço</i>	<i>Almoço</i>	Feijão cozido	<i>Almoço</i>	Feijão cozido
Salada de Legumes	Feijão cozido	Feijão cozido	Frango grelhado	Carne moída	Frango grelhado	Carne moída
Carne moída	Salada de Legumes	Salada de Legumes	Feijão cozido	Batata cozida	Feijão cozido	Batata cozida
Batata cozida	Batata cozida	Carne moída	Batata cozida	Peixe frito	Ovo frito	Alface
Costela assada	Costela assada	Batata cozida	Costela assada	Pimentão	Salada de Legumes	Peixe frito
Arroz cozido	Arroz cozido	Costela assada	Alface	Arroz cozido	Batata cozida	Arroz cozido
<i>Jantar</i>	<i>Jantar</i>	Alface	Pimentão	<i>Jantar</i>	Arroz cozido	<i>Jantar</i>
Salmão grelhado	Frango grelhado	Arroz cozido	Arroz cozido	Frango grelhado	<i>Jantar</i>	Feijão cozido
Feijão cozido	Feijão cozido	<i>Jantar</i>	<i>Jantar</i>	Salmão grelhado	Salmão grelhado	Salada de Legumes
Salada de Legumes	Salada de Legumes	Feijão cozido	Salmão grelhado	Feijão cozido	Feijão cozido	Carne moída
Batata cozida	Carne moída	Ovo frito	Feijão cozido	Salada de Legumes	Salada de Legumes	Batata cozida
Alface	Batata cozida	Batata cozida	Ovo frito	Batata cozida	Batata cozida	Alface
Pimentão	Pimentão	Alface	Salada de Legumes	Pimentão	Arroz cozido	Pimentão
Arroz cozido	Arroz cozido	Arroz cozido	Batata cozida	Arroz cozido		Arroz cozido
			Pimentão			
			Arroz cozido			

Fonte: Próprio autor, 2012.

Para avaliar qualitativamente o software, os cardápios gerados foram submetidos a um profissional nutricionista. De acordo com o profissional, os cardápios gerados apresentaram as necessidades básicas diárias de um indivíduo, com pratos variados durante a semana, composto com frutas, legumes, saladas e carnes diferentes.

Conclusão

O objetivo deste trabalho foi o desenvolvimento de um software para auxiliar o profissional nutricionista na montagem de cardápios nutricionais que atendessem as necessidades dos pacientes bem como suas predileções. O software desenvolvido conseguiu apresentar tais características.

Os algoritmos de busca em largura implementados atenderam ao esperado, ao explorar exaustivamente o espaço de busca. A programação linear e as regras de produção funcionam para o que foi proposto, auxiliando na montagem de uma lista de cardápios válidos.

Uma limitação deste trabalho foi o número de cardápios válidos que eram gerados, mesmo com a execução das regras de produção e programação linear. Isso resultou em um espaço de busca grande que levaria muito tempo para ser processado ou até mesmo se apresentando inviável, em algumas situações, por conta do limite de memória. A viabilidade para essas situações está, portanto, atrelada a um aumento significativo de memória no hardware utilizado durante o processamento.

Como sugestões para trabalhos futuros pode-se destacar a utilização de um algoritmo de busca heurística ao invés de busca cega, buscando apenas combinações que seriam válidas.

REFERÊNCIAS

- Balintfy, J. L. (1964). Menu planning by computer. *Communications of the ACM*, 7(4), pp. 255–259.
- Camargo, K. G. (1999). Inteligência artificial aplicada à nutrição na prescrição de planos alimentares. *Mestrado em engenharia de produção*, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis.
- Fernandes, A. M. d. R. (2008). Inteligência Artificial. VisualBooks, Florianópolis.
- Galisa, M., Esperança, L., Sá, N. (2008). Nutrição - Conceitos e Aplicações. São Paulo: M.BOOKS.
- Luger, G. F. (2004). Inteligência artificial. São Paulo: Bookman.
- Marling, C. R., Petot, G. J.; Sterling, L. S. (1999). Integrating case-based and rule-based reasoning to meet multiple design constraints. *Computational Intelligence*, 15(3), pp. 308–332.
- Miotto, M. (2006). Programação alimentar utilizando RBC. *Ciência da computação, Centro de Ciências Tecnológicas da Terra e do Mar*, Universidade do Vale do Itajaí, Itajaí.
- Russell, S. J., Norvig, P. (2010). Artificial Intelligence. *Prentice Hall Series in Artificial Intelligence*. Prentice Hall.
- Taco (2011). Tabela Brasileira de Composição de Alimentos. *NEPA - UNICAMP*, Campinas, 4 edition.

SOBRE OS AUTORES

Demétrius Rogério Belai: Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Sagrado Coração (2012).

Patrick Pedreira Silva: Possui graduação em Ciência da Computação pela Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (2003) e mestrado em Ciência da Computação pela Universidade Federal de São Carlos (2006). Trabalha atualmente como professor na Universidade Sagrado Coração (USC), onde é coordenador do Bacharelado e da Licenciatura em Ciência da Computação. Já lecionou nas seguintes instituições: Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia (UESB), Faculdade Independente do Nordeste (FAINOR) e Faculdade de Tecnologia e Ciências (FTC). Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Inteligência Artificial, atuando principalmente nos seguintes temas: Sumarização Automática, Processamento de Língua Natural, Recuperação de Informação e Ontologias.

Elvio Gilberto da Silva: Possui graduação em Análise de Sistemas pela Universidade do Sagrado Coração (1999), mestrado em Programa de Pós Graduação Em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípides de Marília (2004) e doutorado em Agronomia (Energia na Agricultura) pela Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho (2009). Atualmente é administrativo acadêmico da Universidade do Sagrado Coração e professor adjunto ii da Universidade do Sagrado Coração. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Engenharia de Software, atuando principalmente nos seguintes temas: informática, internet, educação, inclusão digital e moodle.

Larissa Pavarini da Luz: Possui graduação em Bacharelado em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípides de Marília (2003) e Mestrado em Ciência da Computação pelo Centro Universitário Eurípides de Marília (2006). Atualmente é professora da Faculdade de Tecnologia de Garça - FATEC do curso de Análise e Desenvolvimento de Sistemas. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Realidade Virtual, atuando principalmente nos seguintes temas: Interação Humano Computador, Jogos Eletrônicos, Deformação, Estereoscopia. Possui também experiência na área de Banco de Dados e linguagens de programação em banco de dados, Sistema de Informação, Linguagens de Programação e Business Intelligence.