



UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
CENTRO DE CIÊNCIAS EXATAS E TECNOLOGIA

Relatórios Técnicos
do Departamento de Informática Aplicada
da UNIRIO
n° 0013/2011

BI 2.0 e Web Semântica: Como Lidar com os Problemas de Latência entre o Evento e a Tomada de Decisão com a Web Semântica

Julliano Trindade Pintas
Sean Wolfgang Matsui Siqueira

Departamento de Informática Aplicada

UNIVERSIDADE FEDERAL DO ESTADO DO RIO DE JANEIRO
Av. Pasteur, 458, Urca - CEP 22290-240
RIO DE JANEIRO – BRASIL

BI 2.0 e Web Semântica: Como Lidar com os Problemas de Latência entre o Evento e a Tomada de Decisão com a Web Semântica

Julliano Trindade Pintas

Sean W. M. Siqueira

Depto de Informática Aplicada – Universidade Federal do Estado do Rio de Janeiro (UNIRIO)
{julliano.pintas,sean}@uniriotec.br

Abstract. One of the biggest challenges of current Business Intelligence (BI) is the latency from the occurrence of an event until the decision is taken. New concepts that justify the use of the term BI 2.0 promise to reduce such latency. In the work presented in this technical report, the possible latencies are discussed as well as possible solutions on BI 2.0, coming from technology related to the Semantic Web. Such analysis and the possible solutions are important to stimulate the investment on semantic applications in the organizations and promote the development of BI 2.0, bringing clear benefits to decision support in the organizations and to semantic information systems.

Keywords: Business Intelligence, Semantic Web, BI 2.0, Latency, Decision Support.

Resumo. Um dos maiores problemas encontrados no Business Intelligence (BI) atual é a latência entre o acontecimento de um evento e a tomada de decisão. Novos conceitos que justificam a utilização do novo termo BI 2.0 prometem reduzir esta latência. Neste trabalho, são discutidas as latências e possíveis soluções em BI 2.0 a partir de tecnologias relacionadas a Web Semântica. Tal análise e possíveis soluções são importantes para incentivar o investimento em aplicações semânticas nas organizações e promover o desenvolvimento de BI 2.0, trazendo claros benefícios ao apoio à decisão nas organizações e a sistemas semânticos de informação.

Palavras-chave: Inteligência de Negócios, Web Semântica, BI 2.0, Latência, Apoio a Decisão.

Sumário

1	Introdução	4
2	Web Semântica	5
3	Visão Geral sobre BI 2.0	6
4	Diminuindo a Latência de Dados	6
5	Diminuindo a Latência de Análise	9
6	Diminuindo a latência de decisão	10
7	Conclusões	11
	Referências Bibliográficas	11

1 Introdução

Um dos principais conceitos disponíveis atualmente no que diz respeito à gestão empresarial é o *Business Intelligence* (BI). BI permite analisar a informação que reside na companhia de modo a melhorar seu processo de decisão e, conseqüentemente, criar uma vantagem competitiva para a companhia [Jourdan, 2008].

Através do BI é possível conhecer os indicadores internos e poder compará-los no ambiente externo, visando o conhecimento do posicionamento competitivo da empresa, o que impulsionará mudanças internas e facilitará decisões estratégicas [Bevilacqua e Bitu, 2003].

Segundo Bevilacqua e Bitu (2003), BI, ou Inteligência de Negócios (Inteligência Empresarial), tem como principal objetivo disponibilizar informações da maneira e formato correto e no tempo certo para que a empresa possa tomar decisões melhores e mais rápidas. Trata-se de um conjunto de ferramentas e aplicativos que possibilitam aos tomadores de decisão organizar, analisar, distribuir e agir sobre as informações relevantes ao negócio da empresa.

Muitas organizações já constataram a complexidade em se traduzir os dados providos por essas soluções em conhecimento e resultados positivos para o negócio [Hoffman, 2001]. Entre as causas enumeradas pelos institutos de pesquisa encontra-se a falta de aderência das soluções implantadas com os requisitos analíticos das organizações [Gartner Group, 2005].

Uma nova era de BI (BI 2.0), que já está começando, vai muito além de dados e relatórios. BI está se tornando proativa, em tempo real, operacional, integrada com os processos empresariais, e que se estendendo para além das fronteiras da organização. Para se tornar universal e crescer para além do seu nicho de relatórios, o BI tem de fornecer ferramentas analíticas simples, personalizadas conforme a necessidade e com custo mínimo [Raden, 2007].

BI 2.0 é um termo que encapsula vários novos conceitos importantes sobre a maneira de usar e explorar a informação em empresas, organizações e governo. O termo também está intrinsecamente ligado com um BI em tempo real e dirigido ao evento, e principalmente sobre a aplicação destas tecnologias para processos de negócio [Nicholls, 2006].

Neste relatório técnico são apresentadas as principais técnicas, conceitos e tecnologias envolvidos nessa nova maneira de se fazer BI. Também se explica porque esse novo termo é utilizado, assim como são levantados os problemas que o BI 2.0 promete solucionar.

O BI 2.0 procura minimizar a latência entre o acontecimento de um evento e a tomada de decisão. Para alcançar este objetivo, neste relatório técnico analisa-se o papel das tecnologias semânticas no B.I 2.0. Apesar de sua crescente utilização desde 2006, o termo BI 2.0 não é totalmente definido ou delimitado. Então, também serão reunidos e identificados os principais conceitos, técnicas e ferramentas que justificam a utilização deste novo termo, especialmente considerando-se o papel da semântica neste ambiente e como ontologias podem apoiar o desenvolvimento desta abordagem.

No relatório técnico é feita uma introdução à Web Semântica (Seção 2) e levantados os problemas que BI 2.0 procura solucionar (Seção 3). Assim, todos os principais conceitos envolvidos são apresentados para que se entenda a discussão apresentada para

a resolução dos problemas, envolvendo tecnologias da Web Semântica em BI 2.0 (as propostas de resolução são apresentadas nas Seções 4, 5 e 6). Finalmente, na Seção 7 serão apresentadas algumas considerações finais, possíveis trabalhos futuros e a conclusão do trabalho.

2 Web Semântica

Web semântica foi um termo cunhado por Tim Berners-Lee, o pai da Web, para denominar uma nova versão da Web, em que a semântica é adicionada para a descrição do conteúdo não estruturado da Web atual. Essa semântica visa tornar possível que o conteúdo na Web seja processável pela máquina. Essa visão foi tornada pública em um artigo escrito pelo próprio Berners-Lee em conjunto com James Hendler e Ora Laszlo na *Scientific American* [Berners-Lee et al., 2001].

A Web semântica é motivada pelos problemas encontrados na Web atual. Antoniou e Van Harmelen (2004) destacam, entre esses problemas, a baixa precisão nas buscas, a qual pode resultar em um número muito alto de documentos não relacionados ao objetivo da busca ou a não-recuperação de qualquer documento. Isso ocorre porque não há suporte nos mecanismos de busca mais populares para a análise do significado dos documentos e das palavras-chave entradas na busca.

Daconta et al. (2003) apontam ainda outras necessidades das organizações que não estão apenas relacionadas às buscas na Web, entre elas, o grande volume de dados existente nos sistemas de informação dessas organizações, grande quantidade de componentes de software isolados e dificuldade em integrar conteúdo de diferentes fontes de informação. Sobre os cenários de aplicação dentro das organizações, Daconta et al. (2003) incluem, entre outros, suporte a vendas, marketing, suporte à decisão, administração, gestão de conhecimento e gestão de competências.

Berners-Lee et al. (2001) propuseram uma estrutura em camadas para a Web semântica. Essa divisão visa permitir o desenvolvimento em etapas, em que cada camada é apoiada pelas camadas inferiores. No nível inferior encontram-se as referências para troca de conteúdo (Unicode) e para a localização de conteúdo (URI). Logo acima, se encontra o XML (*eXtended Markup Language*) [W3C, 1996], uma linguagem que permite a definição da estrutura do conteúdo. O *XML Schema* [W3C, 2000] apoia a definição de regras de validação sobre documentos XML, formando a base para a criação de vocabulários.

RDF (*Resource Description Framework*) [W3C 1999] é um modelo de dados baseado em triplas (objeto, predicado e valor). O modelo de triplas permite que sejam feitas descrições sobre conteúdo independentemente da estrutura desse conteúdo. O *RDF Schema* [W3C, 2004] compreende primitivas para a organização de hierarquias e para a definição de restrições sobre RDF. O *RDF Schema* é na verdade um formalismo para a estruturação de ontologias mais simples.

Entretanto, para o suporte de inferências mais poderosas, são necessários formalismos mais expressivos para a representação de ontologias, os quais devem incluir suporte para axiomas e outras formas de relacionamentos entre os conceitos [Gomez-Perez e Benjamins, 1999].

A camada de lógica é utilizada para estender a representação ontológica, permitindo a declaração de conhecimento através de regras de produção ou lógica de predicado para dar suporte a inferências. A camada de prova compreende a representação de evidências e o suporte dedutivo para a validação das assertivas feitas nas camadas in-

feriores [Berners-Lee et al., 2001]. Finalmente, a camada de confiança surgirá através do uso de assinaturas digitais e outras formas de representação de recomendações de confiança por agentes ou organizações de certificação [Fensel et al., 2002].

3 Visão Geral sobre BI 2.0

Um dos maiores problemas encontrados no BI atual é a latência entre o acontecimento de um evento e a tomada de decisão (Figura 1). Muitas vezes, nos sistemas de apoio à decisão, a informação é disponibilizada muito tarde para ser realmente útil. Quanto mais tarde uma decisão for tomada em relação a um determinado evento, menos útil ela será para a Organização.

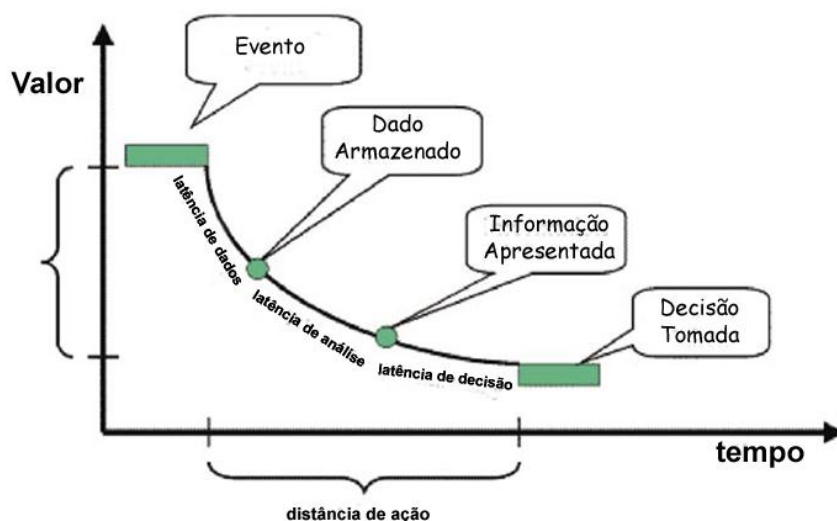


Figura 1. Latência entre o evento e a tomada de decisão. Adaptada de [Nicholls, 2006]

Podemos dividir a latência entre o acontecimento de um evento e a tomada de decisão em três partes: latência de dados, latência de análise e a latência de decisão. Segundo Nicholls (2006), o objetivo do BI 2.0 é reduzir todas as três latências, desta forma maximizando o valor de cada decisão tomada. Este aumento de valor representa menor tempo para a identificação de um risco ou uma oportunidade para empresa.

4 Diminuindo a Latência de Dados

Para reduzir a latência de dados, é possível utilizar tecnologias de Integração de aplicações (*Enterprise Application Integration*), Serviços Web (*Web Services*) ou até Serviços Web Semânticos (*Semantic Web Services*).

Hoje em dia, existe uma separação grande entre os sistemas analíticos e os sistemas operacionais. A arquitetura mais comum de BI (Figura 2) propõe que aplicações operacionais atuem sobre bancos de dados operacionais, cujos dados serão extraídos, transformados e carregados em *Data Warehouses* (DW) e *Data Marts*, que serão utilizados por aplicações analíticas. A ideia de BI 2.0 é que os sistemas de BI se tornem mais próximos dos sistemas operacionais criando um sistema analítico em tempo real e orientando a eventos.

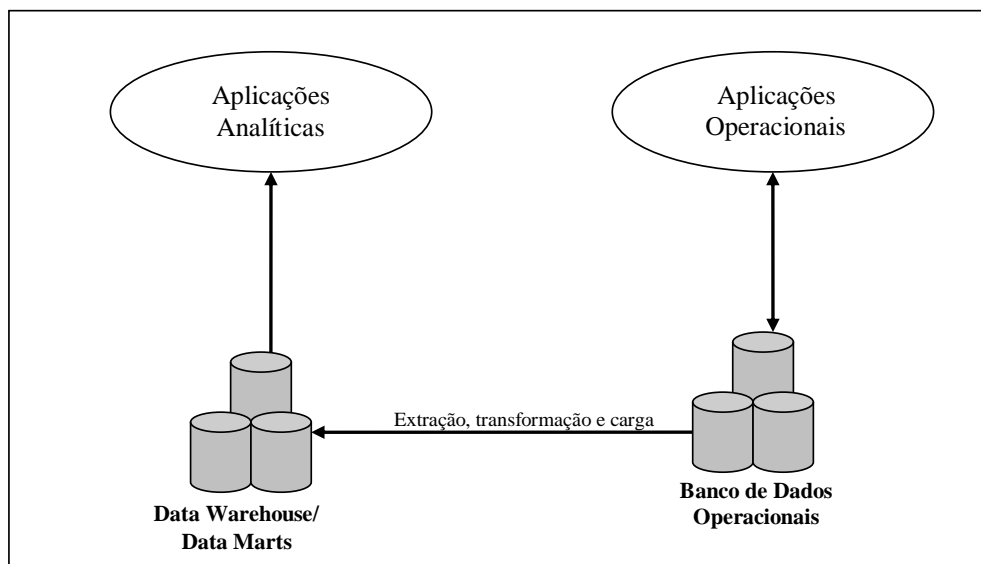


Figura 2. Arquitetura atual mais comum entre sistemas analíticos e operacionais

Segundo Raden (2007), a utilização de DW vai continuar, porém em uma taxa menor. Computadores mais rápidos, mais memória e melhores metadados (dados sobre dados, utilizando modelos semânticos) irão promover melhor compreensão de dados, desta forma reduzindo a necessidade de integração de dados.

Alguns autores, como o diretor de pesquisa da Gartner, Dale Kutnick, acreditam no fim do DW. Kutnick (2005) acredita que BI é algo que está se tornando parte de toda aplicação. Há cada vez mais uma necessidade de se fazer análises sobre os dados relativos a eventos correntes que estão sendo executados. Então estas funcionalidades estão sendo embutidas nas aplicações. Segundo Kutnick (2005), um repositório central de informação, como um DW, não serve para aplicações em tempo real.

Então, são necessárias diferentes arquiteturas além dos tradicionais DW, ou seja, além da atual abordagem de "extrair-transformar-carregar-consultar-analisar". Arquiteturas de BI 2.0 são baseadas em eventos, o que implica em análises do fluxo de dados de evento e não de dados estáticos armazenados em DWs.

A idéia é que seja reduzido o tempo entre o acontecimento do evento e a tomada de decisão, utilizando uma arquitetura orientada a serviços (*Service-oriented architecture - SOA*) para integrar os sistemas analíticos com os operacionais ou embutindo funcionalidades analíticas nos sistemas operacionais (Figura 3).

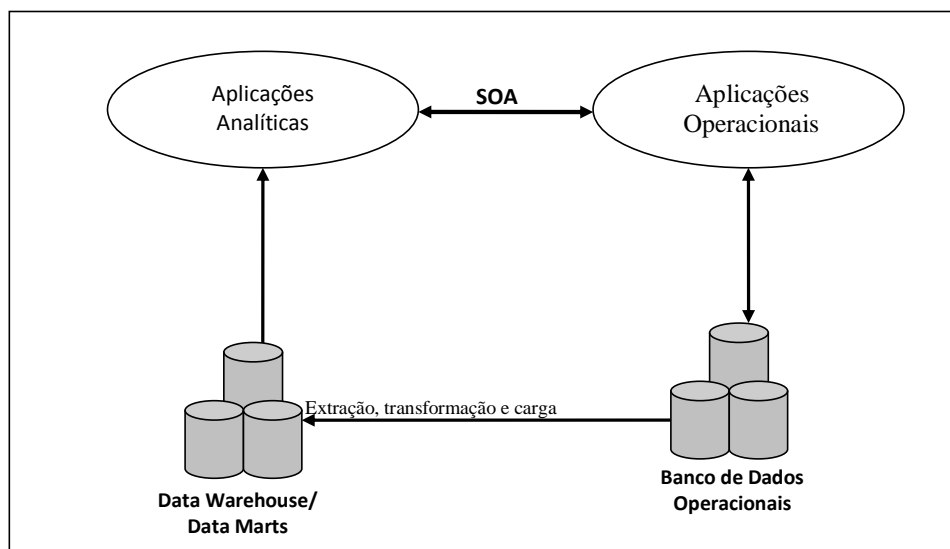


Figura 3. Arquitetura proposta pelo BI 2.0

Serviço Web é uma aplicação identificada por um URI, cujas interfaces e ligações são descritas, localizadas e acessadas através de protocolos baseados em XML [W3C, 2002]. Entre os objetivos dessa tecnologia encontram-se a reutilização de código e suporte à integração de aplicações heterogêneas.

SOA é um estilo de arquitetura de software cujo princípio fundamental preconiza que as funcionalidades implementadas pelas aplicações devem ser disponibilizadas na forma de serviços. Aplicações diversas se comunicam normalmente com serviços Web através de mensagens sobre o protocolo HTTP [Lublinsky, 2007].

À medida que os serviços Web proliferaram, eles se tornaram similares às páginas Web no sentido da dificuldade em se descobrir um serviço de acordo com as necessidades do usuário [Motta et al., 2003]. Ocorre que a descrição feita em XML através dos arquivos WSDL (utilizados na descrição de serviços Web) não é expressiva o suficiente para permitir a inferência do que o serviço Web faz efetivamente. Dessa forma, tornam-se inviáveis a localização e a composição automática de serviços Web [Domingue et al., 2004].

Recentemente, pesquisadores começaram a investigar maneiras de permitir a descoberta, a composição e a execução de serviços Web através de descrições semânticas. Essa nova área – Serviços Web Semânticos (SWS) – visa proporcionar à Web semântica a possibilidade de se oferecer conteúdo dinâmico e identificável pela máquina [Motta et al., 2003]. SWS buscam ainda prover formas de processamento e raciocínio sobre a representação estática provida pelas ontologias na Web semântica [Gomez-Perez et al., 2004].

Cada uma destas tecnologias e técnicas tem seu lugar no mercado de DSS (*Decision Support System*) e apoia diferentes tipos de análises. Como sempre, a tecnologia e as técnicas devem estar bem fundamentadas para atenderem, da melhor maneira possível, a essas exigências.

5 Diminuindo a Latência de Análise

A latência de análise pode ser reduzida automatizando a interpretação dos dados, para que as pessoas não precisem olhar para cada item, mas apenas para os problemas. Para isso, é preciso ser capaz de compreender quais eventos empresariais são problemas ou poderão tornar-se futuros problemas [Nicholls, 2006].

Os mecanismos mais comuns para acompanhar desempenho são os *dashboards* e *scorecards*. *Scorecard* é uma medida de desempenho relacionada ao objetivo da empresa. Os *dashboards* fornecem um gerenciamento com alto nível de visão dos dados. Um *dashboard* apresenta graficamente *scorecards*, juntamente com uma comparação dessas medidas com os objetivos do negócio [Ballard et al., 2006].

Os *dashboards* já estão sendo utilizados nos sistemas de BI mais atuais. Porém, como o objetivo do BI 2.0 é tornar o BI orientado ao evento e em tempo real, os *dashboards* estão se tornando uma opção ainda mais interessante para diminuir o tempo de análise. Nos sistemas de suporte à decisão, um *dashboard* é uma interface do usuário que (semelhante a um painel do automóvel) é projetado para ser fácil de ler.

Dashboards são mecanismos de escolha em relação aos relatórios. Quase sempre, pessoas de negócios preferem ter um *dashboard* personalizado e relevante do que olhar relatórios padrão [Nicholls, 2006].

Para melhores resultados na utilização dos *dashboards*, pode-se utilizar o *balanced scorecard*. Esta é uma ferramenta que materializa a visão e a estratégia da empresa por meio de um mapa coerente com objetivos e medidas de desempenho, organizados segundo quatro perspectivas diferentes: financeira, do cliente, dos processos internos e do aprendizado e crescimento. Tais medidas devem ser interligadas para comunicar um pequeno número de temas estratégicos amplos, como o crescimento da empresa, a redução de riscos ou o aumento de produtividade [Kaplan e Norton, 1997].

A utilização de técnicas de mineração de dados pode reduzir bastante o tempo de análise. A premissa do *Data Mining* (Mineração de Dados) é uma argumentação ativa, isto é, em vez do usuário analisar os dados segundo sua intuição ou em uma tarefa exaustiva, as ferramentas de mineração de dados pesquisam automaticamente os mesmos à procura de anomalias e possíveis relacionamentos, identificando assim problemas que não tinham sido identificados pelo usuário. Em outras palavras, as ferramentas de mineração de dados analisam os dados, descobrem problemas ou oportunidades escondidas nos relacionamentos dos dados e então diagnosticam o comportamento dos negócios, requerendo a mínima intervenção do usuário; assim ele se dedicará somente a ir em busca do conhecimento e produzir mais vantagens competitivas [Ramos et al., 2009].

Outro fator no BI que deverá reduzir o tempo gasto com a análise antes da tomada de decisão é o aumento em quantidade de usuários que vão utilizar as aplicações de BI. Isso se deve por dois motivos [Raden, 2007]:

- A crescente utilização de ferramentas de BI de código aberto colocará mais pressão nos fornecedores tradicionais para diminuírem o preço de licença por usuário.
- A usabilidade das ferramentas está evoluindo bastante, assim como o poder de customização.

6 Diminuindo a latência de decisão

Enquanto na diminuição da latência de análise havia uma preocupação em automatizar a análise e deixar a decisão para o usuário, nesta algumas decisões podem ser automatizadas, por exemplo, através de uma modelagem detalhada de processos ou por meio de agentes de software.

A latência de decisão pode ser eliminada tanto nas decisões operacionais e táticas, automatizando as decisões. Esta redução de latência é a menos intuitiva, pois para automatizar decisões operacionais do dia-a-dia, você deve fazer mais do que apenas apresentar dados. Colocando dados no *dashboard* em tempo real, simplesmente significa que haverá alguém para olhar ele. O desafio é como tornar dados em tempo real em algo realmente útil, algo acionável [Nicholls, 2006].

Resumindo, o sistema deve interpretar dados em tempo real, dinamicamente. Isto implica na habilidade de comparar cada evento individualmente durante seu acontecimento. Então, produtos de BI 2.0 devem entender o que parece normal tanto no nível de cada item como no nível agregado. Sem isso, fica difícil automatizar a tomada de decisão [Nicholls, 2006].

Então, as tecnologias semânticas se tornam ainda mais necessárias. Com a grande quantidade de dados envolvidos nos sistemas analíticos, os sistemas devem possuir um bom grupo de metadados. Como o sistema deve interpretar essa montanha de dados em tempo real, se torna interessante utilizar modelos semânticos. Estes modelos semânticos normalmente são baseados em ontologias.

Ontologia, segundo um ponto de vista filosófico, pode ser conceituada como o que pode “existir” ou “ser” e que pode ser entendido pelos seres humanos. No contexto da inteligência artificial, o termo tem sido utilizado para se referir a modelos de conhecimento, em que objetos, seus atributos e relacionamentos são especificados para a resolução de um problema específico em um dado domínio [Gamper et al., 1999].

Uma das conceituações mais citadas no domínio da inteligência artificial é a de Gruber (1993), que afirma que ontologia é uma especificação de uma conceituação. Guarino e Welty (2000) acrescentam que uma ontologia é uma especificação parcial e explícita de um determinado domínio, isentando-se de representar conceitos que estejam fora desse domínio.

Do ponto de vista da aplicação de ontologias, Mena (2000) descreve que o principal objetivo de uma ontologia é tornar um conteúdo explícito, independentemente da maneira como o dado foi estruturado, de qual plataforma de armazenamento foi utilizada e do tipo de conteúdo (literal, gráfico, numérico, etc.). Ontologia constitui tratados entre provedores de dados em que essas representações semânticas descrevem e mapeiam o dado armazenado por esses provedores [Mena, 2000].

No contexto da computação e da ciência da informação, uma ontologia pode ser definida como "uma especificação formal e explícita de uma conceituação compartilhada" [Studer et al., 1998]. No contexto da Web Semântica, Hendler (2001) define uma ontologia como "um conjunto de termos, incluindo o vocabulário, as interligações semânticas, e algumas regras simples de inferências e lógica para alguns assuntos específicos". Ontologias são normalmente especificadas em linguagens que permitem a abstração das estruturas de dados e estratégias de implementação [Gruber, 2008].

7 Conclusões

Através da avaliação dos problemas a serem tratados em BI 2.0 e possíveis alternativas de solução, notou-se que tecnologias semânticas podem ser utilizadas para diminuir a latência de dados com a utilização de Serviços Web Semânticos para tornar mais próximos, através da integração, os ambientes operacionais e ambientes analíticos; diminuir a latência de análise provendo conteúdo mais semântico, melhores metadados e um ambiente de BI mais aderente ao negócio; e diminuir a latência de decisão utilizando o conhecimento para, através de inferências, automatizar ou sugerir decisões.

Conclui-se, portanto, que a utilização da semântica possui o potencial necessário para diminuir as três latências envolvidas nesta evolução do *Business Intelligence* e que à medida que as soluções de gestão de conhecimento tornam-se cada vez mais difundidas e as tecnologias semânticas ficam cada vez mais completas, torna-se mais interessante utilizar o conhecimento para construir um ambiente de suporte à decisão mais consistente, aderente ao negócio e em tempo real.

A análise apresentada neste relatório técnico sobre como as tecnologias relacionadas à web semântica são essenciais no apoio à decisão e, portanto, nos negócios é fundamental para incentivar as organizações a investirem nas aplicações semânticas e propulsionar o desenvolvimento do BI 2.0. Assim, novos sistemas de informação de apoio à decisão poderão ser pesquisados e desenvolvidos.

Referências Bibliográficas

Antoniou, G. e Harmelen, F. V. (2004), *A Semantic Web Primer*, MIT Press, USA.

Ballard, C., Farrell, D., Gupta, A., Mazuela, C. e Vohnik, S. (2006), *Dimensional Modeling: In a Business Intelligence Environment*. IBM Redbooks. Disponível em: <<http://www.redbooks.ibm.com/abstracts/sg247138.html>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Berners-Lee, T., Hendler, J. e Lassila, O. (2001) *The Semantic Web*. In *Scientific American*, maio de 2001.

Bevilacqua, J. F. e Bitu, Y. A. (2003) *Business Intelligence (BI) e a abordagem de Gestão Balanced Scorecard (BSC) na Organização*. Monografia de MBA em Gestão de Sistemas de Informação. Universidade Católica de Brasília. 54f.

Boulic, R. and Renault, O. (1991) "3D Hierarchies for Animation", In: *New Trends in Animation and Visualization*, Edited by Nadia Magnenat-Thalmann and Daniel Thalmann, John Wiley & Sons Ltd., England.

Daconta, D. C., Obrst, L. J. e Smith, K. T. (2003), *The Semantic Web A Guide to the Future of XML, Web Services, and Knowledge Management*. John Wiley & Sons.

Domingue, J., Cabral, L., Hakimpour, F., Sell, D. e Motta, E. (2004) *IRS-III: A Platform and Infrastructure for Creating WSMO-based Semantic Web Services*. In *Workshop on WSMO Implementations (WIW 2004)*, Frankfurt, Alemanha, Setembro 29-30, 2004, CEUR Workshop Proceedings.

Dyer, S., Martin, J. and Zulauf, J. (1995) "Motion Capture White Paper", http://reality.sgi.com/employees/jam_sb/mocap/MoCapWP_v2.0.html, December.

Fensel, D., Hendler, J. A., Lieberman, H. e Wahlster, W. (2003), *Spinning the Semantic Web: Bringing the World Wide Web to its Full Potential*. The MIT Press.

Gamper, J., Nejd, W. e Wolpers, M. (1999) Combining Ontologies and Terminologies in Information Systems. In 5th International Congress on Terminology and Knowledge Engineering. Innsbruck, Austria.

Gartner Group (2005) Gartner says more than 50 Percent of data warehouse projects will have limited acceptance or will be failures through 2007. 2005 Press Releases, 24 de Fevereiro de 2005. Gartner. Disponível em: <http://www.gartner.com/press_releases/asset_121817_11.html>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Gomez-Perez, A. e Benjamins, V. R. (1999) Overview of knowledge sharing and reuse: Ontologies and problem solving methods. In Workshop on Ontologies and Problem-Solving Methods: Lessons Learned and Future Trends, International Joint Conference on Artificial Intelligence, Estocolmo.

Gomez-Perez, A., Corcho, O. e Fernandez-Lopez, M. (2004), *Ontological Engineering: with examples from the areas of Knowledge Management, e-Commerce and the Semantic Web*. London: Springer-Verlag.

GRUBER, T. (2008) Ontology. In Liu, L. e Özsu, M. T. (Eds.), *Encyclopedia of Database Systems*, Springer-Verlag.

Gruber, T. R. (1993) A translation approach to portable ontology specifications. *Knowledge Acquisition*, 5(2), pag. 199-220.

Guarino, N. e Welty, C. (2000) Conceptual modeling and ontological analysis. AAAI-2000 Tutorial on Conceptual Modeling and Ontological Analysis (MP-2). July 31. Disponível em: <<http://www.cs.vassar.edu/faculty/welty/presentations/aaai-2000/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Hendler, J. (2001), Agents and the Semantic Web, In *IEEE Intelligent Systems*, 2 (16), pag. 30-37.

Hoffman, T. (2001) Conference Attendees: CRM Initiatives May Miss Their Marks. In *ComputerWorld*, 35(9).

Holton, M. and Alexander, S. (1995) "Soft Cellular Modeling: A Technique for the Simulation of Non-rigid Materials", *Computer Graphics: Developments in Virtual Environments*, R. A. Earnshaw and J. A. Vince, England, Academic Press Ltd., p. 449-460.

Jourdan, Z. (2008). Business Intelligence: An Analysis of the Literature. In *Information Systems Management*, fevereiro 2008, pag. 121-131. Taylor & Francis.

Kaplan, R. S. e Norton, D. P. (1997), *A estratégia em ação: balanced scorecard*. Rio de Janeiro: Campus, 4. ed.

Knuth, D. E. (1984), *The TeXbook*, Addison Wesley, 15th edition.

Kutnick, D. (2005) The Death of the Database. Gartner. Disponível em: <http://www.gartner.com/it/products/podcasting/asset_139650_2575.jsp>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Lublinsky, B. (2007) Defining SOA as an architectural style. In *developerWorks*. IBM. Disponível em: <<http://www.ibm.com/developerworks/architecture/library/arsoastyle/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Mena, E. E. A. (2000) Observer: An approach for query processing in global information systems based on interoperation across pre-existing ontologies. In *International journal on Distributed and Parallel Databases*, v. 8, p. 223-272.

Motta, E., Domingue, J., Cabral, L. e Gaspari, M. (2003) IRS-II: A framework and infrastructure for Semantic Web services. In the 2nd International Semantic Web Conference (ISWC2003), Outubro de 2003, Florida, USA.

Nicholls, C. (2006), In Search of Insight, SeeWhy Software Limited.

Raden, N. (2007) Business Intelligence 2.0: Simpler, More Accessible, Inevitable. In Intelligent Enterprise, 01 de Fevereiro de 2007. Disponível em: <<http://www.intelligententerprise.com/showArticle.jhtml?articleID=197002610>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Ramos, G., Bezerra, J., Teixeira, J., Farias, R. e Salles, T. (2009), Data Warehouse e Data Mining, Salvador. Disponível em: <<https://disciplinas.dcc.ufba.br/pub/MATA60/SemestreCorrente/DataWarehouse-DataMining.pdf>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

Smith, A. and Jones, B. (1999). On the complexity of computing. In Advances in Computer Science, pages 555–566. Publishing Press.

Studer, R., Benjamins, V. e Fensel, D. (1998) Knowledge Engineering: Principles and Methods. In IEEE Transactions on Data and Knowledge Engineering. 25(1,2), pag. 161-197.

W3C (1999) Resource Description Framework (RDF). Disponível em: <<http://www.w3.org/RDF/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

W3C (2000) XML Schema. Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/Schema>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

W3C (2002) Web Services Activity. Disponível em: <<http://www.w3.org/2002/ws/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

W3C (2003) Extensible Markup Language (XML). Disponível em: <<http://www.w3.org/XML/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.

W3C (2004) RDF Vocabulary Description Language 1.0: RDF Schema. Disponível em: <<http://www.w3.org/TR/rdf-schema/>>. Acesso em: 17 de fevereiro de 2011.