

Armazenamento da Informação, se
Recuperação: Informação
Teoria: Informação

Processamento Semântico de Informações Situadas

CNPq 1.03.03.00 -6

Luiz A. M. Palazzo*

José M. V. Castilho (in memoriam)

Resumo

Aspectos semânticos do processamento de informações são levantados através da Teoria da Situação, estabelecendo um arcabouço formal para a representação, composição e inferência em sistemas de recuperação de informações. O ponto de partida são os conceitos de **ínton** e **situação**, assim como a semântica da relação “**é sobre**”, que pode existir entre diferentes estruturas de informação.

Palavras-chaves: Teoria da Informação, Teoria da Situação, Representação e Recuperação de Informações.

1 INTRODUÇÃO

O requisito essencial para o conceito nominal de informação é na realidade um *processo de “informar”*, isto é, um processo pelo qual *alguém* ou *alguma coisa* (um agente) se torna *informado*. Esta idéia evoca a imagem da recepção de uma *mensagem* - uma peça de conhecimento - pela qual o agente receptor passa a deter a informação que é acomodada no seu particular *contexto mental* aumentando assim sua *quantidade* de conhecimento. Isto pode ser visto também como o processo de solucionar um problema ou de selecionar uma resposta dentre uma coleção de respostas possíveis.

É usualmente aceito que um *incremento* de informação em um ponto do universo resulta num correspondente *decremento* de alguma outra coisa: da capacidade de armazenar informação futura, do número de problemas ainda por solucionar ou do número de possíveis estados do universo. Conforme foi apontado por Smithson [20], em geral apenas a *presença* da informação vinha sendo considerada pela teoria clássica da informação, enquanto sua *ausência* era vista simplesmente como *falta* de informação. Entende-se hoje que a presença e a ausência de informação (no sentido de incerteza, indeterminação) estão intimamente relacionadas e devem ser tratadas de forma integrada. A recepção de informação envolve necessariamente os elementos de *surpresa* e *novidade* - como uma mudança que poderia não ter sido prevista ou algo que era desconhecido até a recepção da informação. A ocorrência de novidade ou surpresa requer a existência de

* lpalazzo@atlas.ucpel.tche.br - Escola de Informática da UCPEL

liberdade no sistema em que a novidade ocorre. Essa liberdade é então restrita pela *recepção* da informação.

Em última análise, segundo Ashby [1], os dois conceitos fundamentais de *variedade* e *restrição*, surgem aqui também como base da teoria da informação. Em outras palavras, um incremento na informação é um incremento na restrição, no “dar forma” ao universo com a correspondente redução em sua variedade. Naturalmente a informação também pode ser *perdida*, o que resulta no incremento da variedade. Os conceitos de variedade e restrição são muito gerais, entretanto apresentam a vantagem de permitir um tratamento matemático de uma maneira clara e precisa.

Há entretanto uma grande controvérsia quanto ao uso do termo “*informação*”, principalmente quanto ao seu emprego na descrição de uma medida de *restrição*, conforme discutido por Shannon [18]. Em geral o termo tem sido empregado para designar o sentido *oposto*, por exemplo, na teoria clássica da comunicação de Shannon e Weaver [19], emprega-se *informação* em associação com a quantidade de *variedade*, em termos da capacidade de um canal de comunicar informação.

Há também confusão na literatura sobre a distinção entre o conceito *sintático* de informação como uma medida de variedade ou restrição e os correspondentes conceitos *semânticos* que se relacionam com *significado*, *conteúdo* ou *valor* e outras noções semelhantes da semiótica e da lingüística. Enquanto que o primeiro é de grande exatidão, os demais podem apresentar muita subjetividade. Muitos pesquisadores, por essa razão, têm evitado a questão deixando de usar o termo *informação* e substituindo-o por *incerteza* ou outras expressões mais específicas.

O conceito de indeterminismo e sua relação com a idéia de incerteza é também importante. *Indeterminismo* é usualmente assumido como sendo uma propriedade *ontológica* de algum processo em um sistema *físico*, enquanto que *incerteza* é uma propriedade *epistêmica* de algum sistema de *modelagem*. Assim, a presença de indeterminismo em um sistema objeto irá acarretar a presença de incerteza em um modelo apropriado desse sistema e a incerteza no modelo deverá refletir o indeterminismo presente no sistema objeto. É preciso notar entretanto que a presença de incerteza em um modelo não acarreta necessariamente o correspondente indeterminismo no sistema objeto. Uma vez que o conhecimento acumulado por um sistema é tão bom quanto os modelos que ele consegue construir, a presença de indeterminismo como propriedade ontológica dos sistemas reais passa a ser então uma questão metafísica do processo de modelagem.

As relações existentes entre diferentes estruturas de informação constituem o ponto focal do presente trabalho, no qual se adota uma abordagem onde estruturas mais complexas de informação denominadas *situações* são produzidas a partir da ação de operadores sobre elementos primitivos denominados *ínfons*. Esses operadores tem sua ação baseada em diferentes aspectos da semântica do relacionamento “*é sobre*” que pode existir entre duas ou mais peças de informação.

2 RELEVÂNCIA

Pode-se pensar em *recuperação de informações* como a materialização do problema de acessar, com o processamento necessário, a informação que é provavelmente *relevante* para uma certa necessidade. A noção de que uma determinada peça de informação é “*sobre*” alguma coisa está intimamente associada com a *relevância* que a informação apresenta em determinada *situação*. Se uma peça de informação é *sobre* uma necessidade manifesta de informação (usualmente uma *consulta*) então esta peça é considerada relevante com respeito à informação solicitada. Analisa-se aqui os conceitos relacionados com a qualificação da *relevância situada* de uma determinada peça de informação a partir da teoria geral da informação [11] [4]. Esses conceitos surgem da *Teoria da Situação* [2] [3] [7] que abrange uma teoria da informação suficientemente poderosa para estudar a relação entre certa informação e aquilo *sobre* o que ela é.

Definição 1: Ínfon

Um ínfon é uma estrutura $\langle\langle R, a_1, \dots, a_n; i \rangle\rangle$ que representa a informação de que a relação R vale (se $i=1$) ou não vale (se $i=0$) entre os objetos a_1, \dots, a_n . ■

Os objetos desta definição referem-se a peças de informação atômicas, como palavras-chaves, sentenças, imagens, sons, etc. O conjunto de relacionamentos pode por exemplo consistir em relações semânticas [9], relações conceituais [5], relações lingüísticas [BRU93] ou relações informais [13]. O valor i é denominado a *polaridade* do ínfon. Se a polaridade for 1 o ínfon é dito *positivo* e *negativo* em caso contrário.

Em geral a informação contida em documentos é parcialmente modelada por um conjunto de termos denominados palavras-chaves. O uso de palavras-chaves na modelagem de informação resulta em ínfons muito primitivos, que podem mesmo ser considerados como partículas sub-informacionais que estão para a informação assim como os prótons estão para os átomos. Para designá-los, Huiber e Bruza introduziram em [11] o termo *prófon*. Prófons são uma subclasse dos ínfons baseada em uma relação I que denota uma relação unária não-específica refletindo a informação de si própria. Por exemplo se um documento D é indexado pela palavra chave “*Alice*” pode-se considerar que a informação “*Alice*” é *inerente a* ou *vale* em D . A notação

$$\langle\langle I, \text{Alice}; 1 \rangle\rangle$$

é empregada para denotar o correspondente prófon. Para abreviar, prófons positivos desse tipo serão denotados aqui como $\langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle$.

3 COMBINAÇÃO DE INFORMAÇÕES

Pretende-se que os ínfons capturem informação básica sobre objetos mais elaborados como documentos. Uma característica dessa informação básica é que ela pode

ser manipulada no sentido de formar estruturas de informações mais complexas. Por exemplo, duas peças de informação podem ser combinados para formar uma terceira. Ao nível dos ínfons esta combinação é obtida por meio de operadores especiais como *fusão*, *combinação* e *degradação* [7], que se passa a comentar:

3.1 Fusão

Tome-se por exemplo as palavras-chaves “Alice” e “Aventuras”. Estas palavras podem ser combinadas para formar a frase “Aventuras de Alice”. Isto é um exemplo de *fusão informacional*, onde os itens de informação original são firmemente acoplados em uma nova estrutura com identidade própria. “Aventuras de Alice” traduz precisamente a informação surgida da fusão de “Alice” com “Aventuras”.

A fusão é modelada ao nível dos ínfons pelo operador \oplus : $\langle\langle Alice \rangle\rangle \oplus \langle\langle Aventuras \rangle\rangle$. O resultado é um ínfon $\langle\langle Possuí, \langle\langle Alice \rangle\rangle, \langle\langle Aventuras \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle$, que se baseia em duas palavras-chaves combinadas pela relação “Possuí” retirada de um conjunto de relações básicas pré-definidas.

Naturalmente é possível fundir ínfons de diferente aridade que se relacionam entre si. Por exemplo a fusão do ínfon $\langle\langle Possuí, \langle\langle Alice \rangle\rangle, \langle\langle Aventuras \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle$ com o prófon $\langle\langle País das Maravilhas \rangle\rangle$ resulta, através da relação “Local” no ínfon $\langle\langle Local \langle\langle Possuí, \langle\langle Alice \rangle\rangle, \langle\langle Aventuras \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle, \langle\langle País das Maravilhas \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle$. Deve-se notar que para cada elemento do conjunto de relações existe um único operador com as suas próprias propriedades. Assim se rotula o operador com a relação r - e se escreve \oplus_r - sendo r tomada do conjunto de relações básicas considerado.

3.2 Composição

A fusão combina peças de informação através do emprego de um relacionamento que as “funde” em uma nova peça de informação. Algumas vezes pode ser de interesse combinar certos itens de modo “frouxo” ou representar um acoplamento fraco em que os componentes se mantêm relacionados, porém sem que a semântica da relação seja essencial. Por exemplo, na interpretação de $i \wedge j$, segundo a teoria dos modelos, não é necessário que i e j sejam relacionados semanticamente. Esta intuição conduz ao que se denomina *composição de informação*. Seja por exemplo a expressão $\langle\langle Alice \rangle\rangle \wedge \langle\langle Rainha de Copas \rangle\rangle$. Intuitivamente o ínfon expressa que há informação sobre $\langle\langle Alice \rangle\rangle$ e sobre $\langle\langle Rainha de Copas \rangle\rangle$ em uma determinada situação. Entretanto tal informação pode não estar relacionada como por exemplo em “Alice conversava com o Coelho Branco enquanto o Chapeleiro Louco visitava a Rainha de Copas”.

3.3 Degradação

A operação de *degradação da informação* é assim denominada porque acontece quando a informação contida em um ínfon deixa de ser uma certeza. Assim, em determinadas situações, é necessário degradar um ínfon composto. Na recuperação de informações por exemplo, ínfons compostos são empregados normalmente para caracterizar a *necessidade* de informação e não é necessário que esta esteja reunida em uma única peça ou *cluster*. A degradação de informação envolve incerteza. Por exemplo, analisando a consulta:

Encontrar um livro sobre “lógica de primeira ordem” ou “teoria da situação”

Seu conteúdo pode ser expresso por um ínfon composto:

$\langle\langle\text{lógica de primeira ordem}\rangle\rangle \vee \langle\langle\text{teoria da situação}\rangle\rangle$

Este tipo de incerteza, por razões práticas não é empregado para fins de indexação. Entretanto pode vir a ser muito útil, por exemplo, na presença de ambigüidades. Pode-se descrever um ínfon através de dois outros compostos pelo operador de degradação. A palavra-chave “*banco*”, por exemplo, pode se referir a um “*banco de praça*” ou a um “*banco financeiro*”. Assim ao invés de empregar o prófon $\langle\langle\text{banco}\rangle\rangle$ se poderia utilizar:

$\langle\langle\text{banco de praça}\rangle\rangle \vee \langle\langle\text{banco financeiro}\rangle\rangle$

3.4 Contenção

Um conceito de grande importância para o estudo aqui desenvolvido é o de *inferência de informação*. A idéia corresponde a inferir informação adicional que não esteja explícita nos itens de informação disponíveis. Em sistemas de recuperação de informação a inferência baseia-se na noção de *contenção*. Por exemplo, a partir do ínfon $\langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle \wedge \langle\langle\text{Rainha de Copas}\rangle\rangle$, pode-se inferir o prófon $\langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle$ uma vez que este último está contido no primeiro. De acordo com Barwise e Etchemendy [3] os ínfons podem ser parcialmente ordenados com respeito à contenção de informação (denotada por \rightarrow).

Definição 2:

$i \rightarrow j$ se e somente se o ínfon j pode ser derivado do ínfon i no contexto do modelo de recuperação considerado. ■

Por exemplo, em modelos booleanos uma derivação de j a partir de i é possível se i .. j. Ao nível de controle em sistemas de recuperação de informações esta derivação

baseia-se na relação subconjunto. Em teoria da informação esta relação é assumida como reflexiva, anti-simétrica e transitiva. A propriedade de contenção para as operações de composição e degradação pode ser diretamente especificada:

$$i \wedge j \rightarrow i \rightarrow i \vee j$$

Em relação à operação de fusão a propriedade $i \oplus j \rightarrow i \wedge j$ é normalmente válida, entretanto isso irá depender da especificação da relação r .

3.5 Preclusão

Nem todos os ínfons podem ser combinados de forma significativa. Isto acontece em virtude da possibilidade de ocorrência de informação contraditória no sistema. Diz-se que os ínfons i e j encontram-se em preclusão um com o outro e isto é denotado por $i \bullet j$. É natural assumir por exemplo que um ínfon com polaridade 1 preclui o mesmo ínfon com polaridade 0. Por exemplo

$$\langle\langle \text{Falando}, \langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle \bullet \langle\langle \text{Falando}, \langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 0 \rangle\rangle$$

A noção de preclusão é considerada fundamental para uma teoria da informação [14]. Um de seus principais empregos é no detalhamento da informação. Por exemplo, se uma peça de informação for caracterizada pelo ínfon $\langle\langle \text{Falando}, \langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle$ é possível assumir a hipótese de que este ínfon encontra-se em preclusão com $\langle\langle \text{Lutando}, \langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle$ (partindo do princípio que enquanto alguém fala não há luta). Pode-se então assumir (por exemplo, por default) que a peça de informação considerada também contém (implicitamente) a informação de que $\langle\langle \text{Lutando}, \langle\langle \text{Alice} \rangle\rangle, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 0 \rangle\rangle$. Portanto pode ser relevante para a pesquisa da informação “Alice não está lutando com o Gato”.

3.6 Ínfons Parametrizados

O conceito de *parâmetros* em ínfons na teoria da situação é também de grande utilidade na teoria da informação. Por exemplo, para deixar claro no exemplo anterior que “Alice” é uma PESSOA, ou que a relação *falando* se dá entre uma PESSOA e um ANIMAL. Emprega-se aqui letras maiúsculas (A, B, etc.) para denotar tais parâmetros. Por exemplo, o ínfon parametrizado:

$$\langle\langle \text{Falando}, A, \langle\langle \text{Gato} \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle \text{ com } A = \text{OBJ} \mid \langle\langle \text{Pessoa}, \text{OBJ}; 1 \rangle\rangle$$

descreve intuitivamente que uma pessoa A está falando com um “Gato”. O ínfon composto

$\langle\langle\text{Falando}, A, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle \wedge \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, A; 1\rangle\rangle$

estabelece o fato de que a pessoa que está falando com o “Gato” tem o nome de “Alice” (porque ambos os ínfons apresentam o mesmo parâmetro A).

Até aqui se comentou o uso de ínfons e prófons como um mecanismo para a representação de peças de informação. Resta entretanto analisar como documentos e consultas devem ser modelados. Um documento *suporta* uma peça de informação e como tal pode ser modelado como um conjunto de ínfons. Estes conjuntos de ínfons são denominados *situações* e são representações abstratas da informação contida no documento ou consulta considerados. Devlin [7] denominou esse tipo de situação de *situação abstrata*, uma vez que são construídas matematicamente a partir de um conjunto de ínfons. Assim as situações reais (que fazem parte do mundo real) podem ser caracterizadas com ínfons para formar situações abstratas. Este processo denomina-se *digitalização da informação* [8].

4 SITUAÇÕES

Os ínfons podem ser vistos como partículas elementares de informação descrevendo uma situação, com $\bullet\bullet$ como relação de *suporte*. Isto pode ser ilustrado da seguinte maneira: Seja D um documento intitulado “Aventuras de Alice no País das Maravilhas”. Este documento descreve uma particular situação S_D , que suporta, entre outros o ínfon:

$S_D \bullet\bullet \langle\langle\text{Falando}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle$

Este ínfon expressa que a situação S_D suporta a informação de que “Alice está falando com um Gato”. Em termos de recuperação de informações isto significa que esse fato está presente no documento D. Desta forma, reais ou abstratas, as situações *suportam* os ínfons. Assume-se que a relação de suporte é fechada sob a contenção de informações.

Definição 3

$S \bullet\bullet i \Leftrightarrow i \in S. \blacksquare$

Se uma situação S suporta um ínfon i diz-se que o ínfon i é um *descriptor* da situação S. Pode acontecer que um certo ínfon não seja suportado por uma determinada situação. A intuição por trás disso é que a informação apresentada pelo ínfon não é inerente à situação considerada. Por exemplo, continuando o exemplo do mesmo documento D:

$S_D \bullet/\bullet \langle\langle\text{Falando}, \langle\langle\text{Romeu}\rangle\rangle, \langle\langle\text{Julieta}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle$

Deve-se notar que a expressão acima é muito diferente de uma situação suportar a negação de um fato. Isto pode ser realizado por ínfons com polaridade 0. Por exemplo a relação:

$$S_d \bullet \bullet \langle \langle \text{Concorda}, \langle \langle \text{Alice} \rangle \rangle, \langle \langle \text{Gato} \rangle \rangle \rangle; 0 \rangle \rangle$$

expressa que a situação S *suporta* o fato de que Alice e o Gato não concordam.

4.1 Tipos

Na teoria da situação também há uma generalização de ínfons para tipos. Seja por exemplo os três ínfons a seguir:

$$\langle \langle \text{Falando}, \langle \langle \text{Alice} \rangle \rangle, \langle \langle \text{Gato} \rangle \rangle \rangle; 1 \rangle \rangle$$

$$\langle \langle \text{Falando}, \langle \langle \text{Alice} \rangle \rangle, \langle \langle \text{Rainha de Copas} \rangle \rangle \rangle; 1 \rangle \rangle$$

$$\langle \langle \text{Falando}, \langle \langle \text{Alice} \rangle \rangle, \langle \langle \text{Coelho Branco} \rangle \rangle \rangle; 1 \rangle \rangle$$

Estes três ínfons estão descrevendo a mesma situação: “Alice está falando”. A única diferença entre eles é com quem Alice está falando. Para os três ínfons acima há um tipo unificador que pode ser representado por:

$$\varphi = [S \mid S \bullet \bullet \langle \langle \text{Falando}, \langle \langle \text{Alice} \rangle \rangle, P \rangle \rangle; 1 \rangle \rangle]$$

com P representando um objeto com o qual se pode falar. Este tipo de situação denota todas as situações em que Alice está falando. Além disso, toda a situação que suporta esta informação é dita ser do tipo φ (denota-se $S : \varphi$).

5 COMBINAÇÃO DE SITUAÇÕES

Os ínfons constituem o nível mais baixo da granularidade da informação. Em um nível mais alto se encontra a *situação* que equivale aos *documentos* e *consultas* na terminologia da recuperação de informações. Há uma maneira natural de generalizar os operadores ao nível dos ínfons para o nível das situações. Duas situações podem ser combinadas de três modos distintos para a formação de uma terceira: por *união*, por *fusão* ou por *composição*.

5.1 União

A união de duas situações S e T corresponde a tomar todos os ínfons de S juntamente com todos os ínfons de T. Isto é denotado por $S \cup T$ e representa todos os ínfons das duas situações originais. Assim se a situação S \cup T suporta um ínfon, isto significa que a situação S ou a situação T suportam esse ínfon. O operador de união de situações pode ser usado para modelar o fato de que se adicionou informação a uma dada situação. Os parâmetros empregados no primeiro conjunto de ínfons são assumidos diferentes dos parâmetros empregados no segundo. Assim $\{\langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, P; 1\rangle\rangle\}$ unido com $\{\langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, P; 1\rangle\rangle\}$ irá resultar no conjunto $\{\langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, P1; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, P2; 1\rangle\rangle\}$ que terá *dois* parâmetros. Isto permite modelar o fato de que duas pessoas com o nome *Alice* podem não ser a mesma.

5.2 Fusão

O operador de fusão de situações, denotado por \otimes pode ser visto como a criação de novas situações baseadas em outras situações que são postas em relação uma com a outra. A título de ilustração, considere-se duas situações, uma na qual “*Alice fala*” e outra em que “*alguém fala com o Gato*”. É possível criar nova informação a partir delas estabelecendo-se que “*Alice fala com o Gato*”. Isto é baseado na hipótese de que há uma certa relação (Alice é “alguém”) entre as duas situações.

Há diferentes maneiras de definir este tipo de fusão entre duas situações. Uma delas ocorre através da composição de cada ínfon na primeira situação com todos os ínfons da segunda. Uma outra definição pode ser feita considerando apenas a combinação de ínfons particulares. Por exemplo, sejam os conjuntos $S = \{\langle\langle\text{Falando}, P, Q; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, P; 1\rangle\rangle\}$ e $T = \{\langle\langle\text{Falando}, U, V; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle, V; 1\rangle\rangle\}$. Para deixar claro que “*Alice está falando com o Gato*” deve-se estabelecer que na união de S e T os parâmetros P e U são os mesmos, assim como respectivamente Q e V. O resultado será o conjunto $S \otimes T$ cuja expressão é:

$$\{\langle\langle\text{Falando}, U, V; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, U; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Nome}, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle, V; 1\rangle\rangle\}$$

Este tipo de substituição de parâmetros é definido da seguinte maneira:

Definição 4: Substituição de Parâmetros

A notação $S^{(X, Y)}$ representa a substituição no conjunto S do parâmetro X pelo parâmetro Y. As propriedades de substituição de parâmetros são definidas como se segue:

$$S^{(X, Y, Z)} = (S^{(X, Y)})^{(Y, Z)}$$

$$S^{(W, X)^{(Y, Z)}} = (S^{(W, X)})^{(Y, Z)} \quad \blacksquare$$

Assim a definição de fusão com substituição de parâmetros pode ser dada por

$$S \otimes T = (S \cup T)^{(A_1, \dots, A_n) \dots (Z_1, \dots, Z_n)}$$

No exemplo anterior, “*Alice está falando com o Gato*” pode então ser formalizado como $S \otimes T = (S \cup T)^{(P, U)^{(Q, V)}}$. De modo semelhante à fusão de ínfons, o resultado de uma fusão de situações depende da forma como é definida e diversos operadores de fusão podem ser propostos. Assim se emprega o símbolo \otimes_x rotulado com a particular relação de fusão empregada (no caso, x).

5.3 Composição

O resultado da composição de situações, denotada por $S \cap T$, é uma nova situação que captura todos os fatos comuns às duas situações originais. Em recuperação de informações este operador é útil, por exemplo, na clusterização de documentos, permitindo gerar um sub-documento (a situação composta), representando a situação que está simultaneamente disponível nos dois documentos. Se este sub-documento for grande, é razoável concluir que é mais provável que os dois documentos sejam sobre assuntos semelhantes do que se o sub-documento for pequeno.

Na tabela 1, a seguir, apresenta-se um breve resumo dos operadores sobre ínfons e sobre situações até aqui comentados.

Tabela 1
Operações sobre Ínfons e Situações

OPERAÇÃO	EXPRESSÃO	OBSERVAÇÕES
<i>Suporte</i>	$S \bullet \bullet i$	<i>se e somente se</i> ($i \in S$)
<i>Fusão de Ínfons</i>	$S \bullet \bullet i \oplus j$	<i>depende da semântica de</i> r
<i>Composição de Ínfons</i>	$S \bullet \bullet i \wedge j$	<i>se e somente se</i> ($S \bullet \bullet i$ e $S \bullet \bullet j$)
<i>Degradação de</i>	$S \bullet \bullet i \vee j$	<i>se e somente se</i> ($S \bullet \bullet i$ ou $S \bullet \bullet j$)

<i>Ínfons</i>		
<i>União de Situações</i>	$S \cup T \bullet \bullet i$	<i>se e somente se ($S \bullet \bullet i$ ou $T \bullet \bullet i$)</i>
<i>Composição de Situações</i>	$S \cap T \bullet \bullet i$	<i>se e somente se ($S \bullet \bullet i$ e $T \bullet \bullet i$)</i>
<i>Fusão de Situações</i>	$S \otimes_x T \bullet \bullet i$	<i>depende da definição de x</i>

5.4 A relação “é sobre” entre situações

Encontra-se na literatura diversas abordagens à relação “é sobre”. Por exemplo como “relacionamento entre tópicos” [6], “sobre” [15], “possibilidade de conter informações sobre” [17] e “correspondente a” [16]. Formalmente representa-se a relação de “ser sobre” com o símbolo \downarrow . Assim, $S \downarrow T$ significa intuitivamente que a situação S é sobre a situação T . Correspondentemente, $S \downarrow\downarrow T$ será empregado para denotar que S não é sobre T . Em situações no mundo real, muitas vezes não está claro de imediato se a situação S é sobre a situação T ou não. Segundo Huibert e outros [12] [3] pode-se considerar a relação de “ser sobre” como um conjunto de derivações *mais ou menos* lógicas, que desempenham um papel de grande importância tanto na recuperação de informações quanto na teoria da situação. Por exemplo, dado que $S \bullet T$ é sobre S , pode-se derivar que a situação $\{\langle\langle\text{Falando}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle, \langle\langle\text{Ouvindo}, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle\}$ é sobre a situação $\{\langle\langle\text{Falando}, \langle\langle\text{Alice}\rangle\rangle, \langle\langle\text{Gato}\rangle\rangle; 1\rangle\rangle\}$. Como se pode ver, na maioria dos casos a relação *é sobre* pode ser descrita em termos de axiomas e regras. Isto ocorre naturalmente por exemplo na derivação com o cálculo proposicional e em diversas lógicas modais [10]. A partir daqui a construção de um contexto para uma *teoria da informação situada* principia pela definição de uma linguagem L necessária para descrever o sistema de derivação.

Definição 5: A Linguagem L .

A linguagem L é definida como uma quádrupla $\langle I, S, Sb, F \rangle$, onde cada um dos componentes é descrito como se segue:

I é o conjunto dos *ínfons*, definido por:

- Se $i, j \in I$, então $i \wedge j$, $i \vee j$, $i \oplus j \in I$, $\forall r \in R$ (conjunto de relações sobre os objetos de L).

S é o conjunto das *situações*, definido por:

- Se $i \in I$ então $\{i\} \in S$;
- Se $A, B \in S$ então $A \cup B, A \cap B, A \otimes_x B \in S$ (para qualquer definição de fusão x).

Sb é o conjunto de fórmulas da relação “é sobre”, definido por:

- Se $A, B \in S$ então $A \downarrow B, A \downarrow\downarrow B \in Sb$.

F é o conjunto de todas as fórmulas possíveis, definido por

- Se $p \in Sb$ então $p \in F$;
- Se $i, j \in I$ então $i \rightarrow j, i \cdot j \in F$ ■

A definição de um sistema de derivação para a linguagem L foi introduzida em [12] nos seguintes termos:

Definição 6: Sistema de Derivação

Um sistema de derivação A é um par da forma $\langle Ax, Reg \rangle$ onde Ax é um conjunto de axiomas e Reg é um conjunto de regras da forma $R(T_p, \dots, T_k, T_{k+1})$, onde T_p, \dots, T_k são as premissas da regra R e T_{k+1} é a conclusão. ■

Assume-se que os axiomas, premissas e conclusões são elementos de F . O principal interesse aqui são as conclusões que pertencem ao conjunto Sb , isto é, que estabelecem um relacionamento *sobre*. Note-se que não se especificou como a relação de derivação é determinada pelo sistema de derivação. É possível adotar o mecanismo usual da lógica clássica: uma relação *é sobre* entre duas situações pode ser derivada se há entre elas uma seqüência de passos que ou são axiomas ou decorrem de passos anteriores pela aplicação de alguma regra. É possível, entretanto, adotar outras relações de derivação, por exemplo, para o tratamento de incerteza ou para a descrição de fenômenos modais, dinâmicos, etc. Assim o sistema de derivação aqui definido constitui um arcabouço suficientemente abstrato no qual é possível implementar diversos mecanismos de inferência preservando a unidade conceitual original.

6 RACIOCÍNIO SOBRE SITUAÇÕES

A relação “é sobre” é tratada aqui como uma relação entre *situações*, representando uma noção fundamental para as informações nelas contidas. Esta abordagem difere de outras, em que a relação “é sobre” pode ser expressa em termos de contenção de informações. Na presente seção são apresentados um conjunto de axiomas e regras que estabelecem algumas propriedades da relação “é sobre” ocorrendo entre situações. Os axiomas não devem ser considerados em um sentido estritamente lógico. Alguns deles não são universalmente válidos e somente valerão no contexto de sistemas particulares.

6.1 Postulados Básicos

Os três postulados básicos do raciocínio sobre situações são *reflexividade*, *transitividade* e *simetria*. Sua definição é bastante intuitiva, como pode ser observado na tabela 2.

Tabela 2
Postulados Básicos do Raciocínio sobre Situações

POSTULADO	EXPRESSÃO	OBSERVAÇÕES
<i>Reflexividade</i>	$S \downarrow S$	Uma situação é sobre si própria.
<i>Transitividade</i>	$\frac{S \downarrow T \quad T \downarrow U}{S \downarrow U}$	Se S é sobre T e T é sobre U , então S é sobre U .
<i>Simetria</i>	$\frac{S \downarrow T}{T \downarrow S}$	Se S é sobre T então T é sobre S .

O axioma da *reflexividade* é trivial e indica simplesmente que uma situação é sobre si própria. A regra da *transitividade* é de grande importância em sistemas de recuperação de informações e estabelece que se S é sobre T e T é sobre U , então S é sobre U . Entretanto a transitividade não é válida em sistemas onde possa haver sobreposição. O fato de haver uma sobreposição entre S e T e outra entre T e U não implica em que haja sobreposição entre S e U .

A regra da *simetria* estabelece que não há diferença em concluir que uma situação S é sobre uma situação T ou vice-versa. A principal finalidade da simetria é promover recorrência. Ao nível de derivação de situações a simetria pode ser vista também como a derivação de uma inferência plausível.

6.2 Postulados de Combinação

Os postulados de combinação de situações são apresentados na tabela 3.

A união de situações \cup e a composição \cap , devido às propriedades herdadas da teoria dos conjuntos são naturalmente *comutativas*. Em situações de fusão \otimes_x isto não é pré-definido e deve-se especificar, para cada definição de fusão x , se ela será comutativa ou não com o emprego do axioma apresentado.

A *união monotônica à esquerda* é uma regra de simples entendimento no relacionamento entre situações: O termo “*monotônica*” significa que a relação “*é sobre*” é preservada sob a união da situação colocada à esquerda do símbolo \downarrow da relação original. Por exemplo, dado que o conjunto $\{\langle\langle Alice \rangle\rangle, \langle\langle Gato \rangle\rangle\}$ é sobre $\{\langle\langle humano \rangle\rangle, \langle\langle gato \rangle\rangle\}$ uma nova situação é formada pela unificação informacional do primeiro conjunto com $\{\langle\langle Falando, \langle\langle Alice \rangle\rangle, \langle\langle Gato \rangle\rangle; 1 \rangle\rangle\}$. A união monotônica à esquerda permite concluir que este novo conjunto unido é também sobre $\{\langle\langle humano \rangle\rangle, \langle\langle gato \rangle\rangle\}$. A adição de informação conduz apenas a mais conclusões e nunca a uma redução destas. No caso da *união monotônica à esquerda forte*, tem-se a evidência de que o conjunto U que será unido com S também é sobre T . Esta regra permite estender S somente com informação já reconhecida como sendo sobre T .

Tabela 3: Postulados de Combinação

POSTULADO	EXPRESSÃO	OBSERVAÇÕES
<i>Comutatividade</i>	$S \otimes_x T \downarrow T \otimes_x S$	<i>Deve ser explicitada em cada descrição de fusão x.</i>
<i>União Monotônica à Esquerda</i>	$\frac{S \downarrow T}{S \cup U \downarrow T}$	<i>Adicionar informação à situação S preserva a relação com T.</i>
<i>União Monotônica à Esquerda Forte</i>	$\frac{S \downarrow T \quad U \downarrow T}{S \cup U \downarrow T}$	<i>Estende S com mais informação sobre a situação T.</i>
<i>Composição</i>	$\frac{S \downarrow T}{S \downarrow T \cap U}$	<i>Se S é sobre T, isto é preservado pela composição de T.</i>
<i>União Livre de Contexto</i>	$\frac{S \downarrow T \quad S \downarrow U}{S \downarrow T \cup U}$	<i>Se S é sobre T e sobre U, também é sobre a união de T com U.</i>
<i>Fusão Monotônica à Esquerda</i>	$\frac{S \downarrow T}{S \otimes_x U \downarrow T}$	<i>Se S é sobre T, isto é preservado pela fusão de S, dependendo de x.</i>
<i>Fusão Monotônica à Esquerda Forte</i>	$\frac{S \downarrow T \quad U \downarrow T}{S \otimes_x U \downarrow T}$	<i>Se S e U são sobre T a sua fusão também o é, dependendo de x.</i>
<i>Propriedades de Fusão</i>	$S \otimes_x T \downarrow S \otimes_y T$	<i>Permite mapear entre duas definições de fusão (aqui x e y).</i>

A propriedade de *composição* expressa que se uma situação S é sobre uma dada situação T , esta relação é preservada sob a composição da situação T . No contexto da recuperação de informações pode-se pensar em reduzir um consulta (por exemplo, da forma “poluição do ar” para a forma “poluição”) o que sempre irá conduzir a um número maior (ou pelo menos igual) de documentos relevantes.

A *união livre de contexto* estabelece que se S é sobre T e S também é sobre U então é possível unir a informação de T e U e concluir que S é sobre esta união. A recuperação booleana, por exemplo, é fundamentada neste princípio. Assim, se um documento D é sobre {<<Alice>>} e o mesmo documento é sobre {<<Gato>>} é possível assumir que o documento D é sobre {<<Alice>>, <<Gato>>}

Para cada definição de operador de fusão é necessário definir suas propriedades por meio do relacionamento x associado. As regras de fusão apresentadas na tabela 3 poderiam ser adotadas, dependendo do contexto da representação. Assim formulou-se a *fusão monotônica à esquerda* e sua variante mais cautelosa, a *fusão monotônica à esquerda forte*, de modo similar às correspondentes operações de união anteriormente comentadas. Esta última pode ser empregada para modelar a fusão em um nível mais baixo de granularidade da informação (por exemplo ao nível de considerações lingüísticas). Para o mesmo propósito pode-se pensar em mapeamentos entre as propriedades de diferentes relações de fusão.

6.3 Postulados Baseados em Ínfons

Os postulados apresentados até aqui não levam em conta as propriedades dos ínfons. Por exemplo, a relação de contenção \rightarrow é definida como uma regra de envolvimento de informação e pode ser útil em sistemas de recuperação de informações. Considera-se em geral o emprego de três postulados baseados em ínfons, que são apresentados na tabela

A regra de *união-contenção* estabelece que todas as regras válidas para a inferência de informações são válidas para a decisão da existência do relacionamento “*é sobre*”. Se há por exemplo um conjunto S que contém um ínfon i sobre um conjunto T que também contém i e é dado que $i \rightarrow j$, então pode-se substituir o ínfon i pelo ínfon j em T preservando a relação “*é sobre*” entre S e T . Assim a relação de contenção \rightarrow é transitiva, reflexiva e anti-simétrica (um reticulado distributivo) e portanto a decisão do relacionamento “*é sobre*” também possuirá estas três propriedades, configurando uma ordenação parcial nos sistemas de ínfons e de situações.

A *fusão-contenção* estabelece que se uma situação S , relacionada com uma situação $\{i\}$, é sobre uma situação T relacionada com a mesma situação $\{i\}$, então, dado que $i \rightarrow j$ pode-se concluir que a situação S relacionada com i é sobre a situação T relacionada com j . Finalmente o uso da relação de *preclusão* entre os ínfons pode ser proposto como uma versão restrita da união monotônica. Por exemplo, pode-se estabelecer que uma situação S é sobre uma situação T e então a adição de um ínfon i a S e um ínfon j a T irá preservar esta relação desde que não haja preclusão entre i e j .

Tabela 4: Postulados Baseados em Ínfons

POSTULADO	EXPRESSÃO	OBSERVAÇÕES
<i>União-Contenção</i>	$\frac{i \rightarrow j \quad S \cup \{i\} \downarrow T \cup \{i\}}{S \cup \{i\} \downarrow T \cup \{j\}}$	<i>O relacionamento “é sobre” é preservado pela união-contenção.</i>
<i>Fusão-Contenção</i>	$\frac{i \rightarrow j \quad S \otimes_x \{i\} \downarrow T \otimes_x \{i\}}{S \otimes_x \{i\} \downarrow T \otimes_x \{j\}}$	<i>Idem para a fusão-contenção</i>
<i>Monotonicidade Composicional</i>	$\frac{S \downarrow T \quad i \perp j}{S \cup \{i\} \downarrow T \cup \{j\}}$	<i>Se i não preclui j a composição é monotônica.</i>

6.4 Negação

Para o estudo do relacionamento “é sobre” pode ser útil o estudo das propriedades que conduzem à sua rejeição. Por exemplo o postulado

$$\frac{S \downarrow T}{S \downarrow T \cup U}$$

estabelece que se uma situação *não* é sobre outra situação, esta relação não pode surgir da adição de informação à conclusão que deve ser derivada. Este postulado apresenta um relacionamento muito próximo com o comportamento não-monotônico.

7. CONCLUSÃO

A Teoria da Situação parece constituir um modelo adequado para a modelagem de aspectos qualitativos de sistemas de recuperação de informações e pode conduzir a um melhor entendimento da natureza da informação em tais sistemas. Neles a informação se apresenta sob múltiplos aspectos e pode ser abordada sob diferentes pontos de vista. Dentro da perspectiva adotada aqui, a ocorrência ou não da relação “é sobre” entre estruturas de informações corresponde à condição determinante para possibilitar sua ulterior composição. Os operadores apresentados no presente artigo tentam interpretar essa relação segundo uma semântica intuitiva e seu emprego deve ser criteriosamente avaliado segundo as condições particulares de cada possível aplicação. Estudos futuros deverão investigar possibilidades de quantificação da relação “é sobre” no contexto de sistemas de informações distribuídas, visando a elaboração de métodos capazes de contribuir para a sua organização autônoma.

Bibliografia

- [1] ASHBY, R.: Introduction to Cybernetics, Methuen, London, 1956.
- [2] BARWISE, J.: The Situation in Logic. CSLI Lectures Notes 17, 1989.
- [3] BARWISE, J.; ETCHEMENDY, J.: Information, infons, and inference. In: R. Cooper, K. Mukai, and J. Perry, editors: Situation Theory and its Applications, Volume I, chapter 2. CSLI, 1990.
- [4] BRUZA, P.D.; HUIBER T.W.C.: Investigating aboutness axioms using information fields. In: W. B. Croft and C. J. van Rijsbergen, editors, Proceedings of the 17th Annual International ACM SIGIR Conference on Research and Development in Information Retrieval, pp.112--121. ACM, Springer-Verlag, July 1994.
- [5] CHEVALLET, J-P.: Un modèle logique de recherche d'informations appliqué au formalisme des graphes conceptuels. Le prototype ELEN et son expérimentation sur un corpus de composants logiciels. PhD thesis, Université Joseph Fourier, 1992.
- [6] COOPER, W.S.. A definition of relevance for information retrieval. Information Storage and Retrieval, (7):19-37, 1971.
- [7] DEVLIN, K.. Logic and Information. Cambridge University Press, 1991.
- [8] DRETSKE, F.I.: Knowledge and the Flow of Information. Basic Blackwell Publisher, 1981.
- [9] HADDAD, H.: VIIP: An iconic-indexing approach for video. Technical Report RAP95-001, MRIM, February 1995.
- [10] HUGHES, G.E.; CRESSWELL, M.J.: A Companion to Modal Logic. Methuen, London, 1984.
- [11] HUIBERS, T.W.C.; BRUZA, P.D.: Situations, a General Framework for Studying Information Retrieval. Technical Report UU-CS-1994-15, Department of Computer Science, Utrecht University, The Netherlands, March 1994.
- [12] HUIBERS, T.W.C.; OUNIS, I.; CHEVALLET, J-P.: Axiomatization of a conceptual graph formalism for information retrieval in a situated framework. Technical Report RAP95-004, Groupe MRIM of The Laboratory of Génie Informatique. Grenoble, France, July 1995.
- [13] LALMAS, M.; van RIJSBERGEN, C.J.: A model of an information retrieval system based on situation theory and Dempster-Shafer theory of evidence. In V.S. Alagar, S. Berger, and F. Dong, editors, Incompleteness and Uncertainty in Information Systems, 1993.
- [14] LANDMAN, F.: Towards a Theory of Information. Foris, 1986.
- [15] MARON, M.E.. On indexing, retrieval and the meaning of about. Journal of the American Society for Information Science, pp 38--43, January 1977.