4
Construção das restrições do esquema mediado

Este capítulo aborda o problema de revisar as restrições do esquema mediado.

A Seção 4.1 apresenta um resumo de todos os passos do procedimento para inserir um novo esquema externo ao ambiente de mediação, ilustrando-o com um exemplo detalhado. A seção enfatiza o problema de revisar as restrições do esquema mediado.

Para resolver este problema, a Seção 4.2 introduz um procedimento para testar implicação lógica em esquemas elementares que se baseia no procedimento para testar satisfatibilidade de fórmulas booleanas na forma normal conjuntiva com no máximo dois literais por cláusula, descrito em [2]. O procedimento de decisão essencialmente explora a estrutura de um conjunto de restrições, capturadas como um grafo. Novamente, a seção contém exemplos que ilustram os resultados.

4.1.
Passos básicos do processo de revisão das restrições

Para criar o ambiente de mediação revisado que inclui E_0, em essência, M é tratado da mesma forma que uma fonte de dados. Os passos a seguir detalham todo o processo para adicionar E_0 a M. A Figura 21 ilustra o processo.

Passo de revisão de conceitos:

1.1. Defina um novo vocabulário MV^+ pela adição a MV dessas novas classes e propriedades.

1.2. Defina o vocabulário MV_r do esquema mediado revisado M_r com as mesmas classes e propriedades de MV e possivelmente novas classes e propriedades que reflitam as que estão em EV_0.

1.3. Defina o vocabulário IV_0 do esquema importado I_0 correspondente a E_0 com as mesmas classes e propriedades de MV_r.

2. Passo de revisão de mapeamento:

2.1. Defina o mapeamento local γ_0 entre I_0 e E_0.

2.2. Defina o novo mapeamento de mediação γ^+ pela adição a γ de definições para as novas classes e propriedades em MV^+.

2.3. Defina o mapeamento mediado γ_r como nas equações $C_i \equiv e_i^1 \sqcup ... \sqcup e_i^n$ e $P_j \equiv p_j^1 \sqcup ... \sqcup p_j^n$ (veja Seção 2.4).

3. Passo de revisão de restrições:

3.1. Defina o conjunto de restrições IC_0 de I_0 inspecionando EC_0 e γ_0.

3.2. Defina um novo conjunto de restrições MC^+ pela adição a MC de restrições para as novas classes e propriedades em MV^+.

3.3. Defina o conjunto de restrições MC_r de M_r, pela aplicação de um conjunto mínimo de modificações a MC^+ para acomodar IC_0

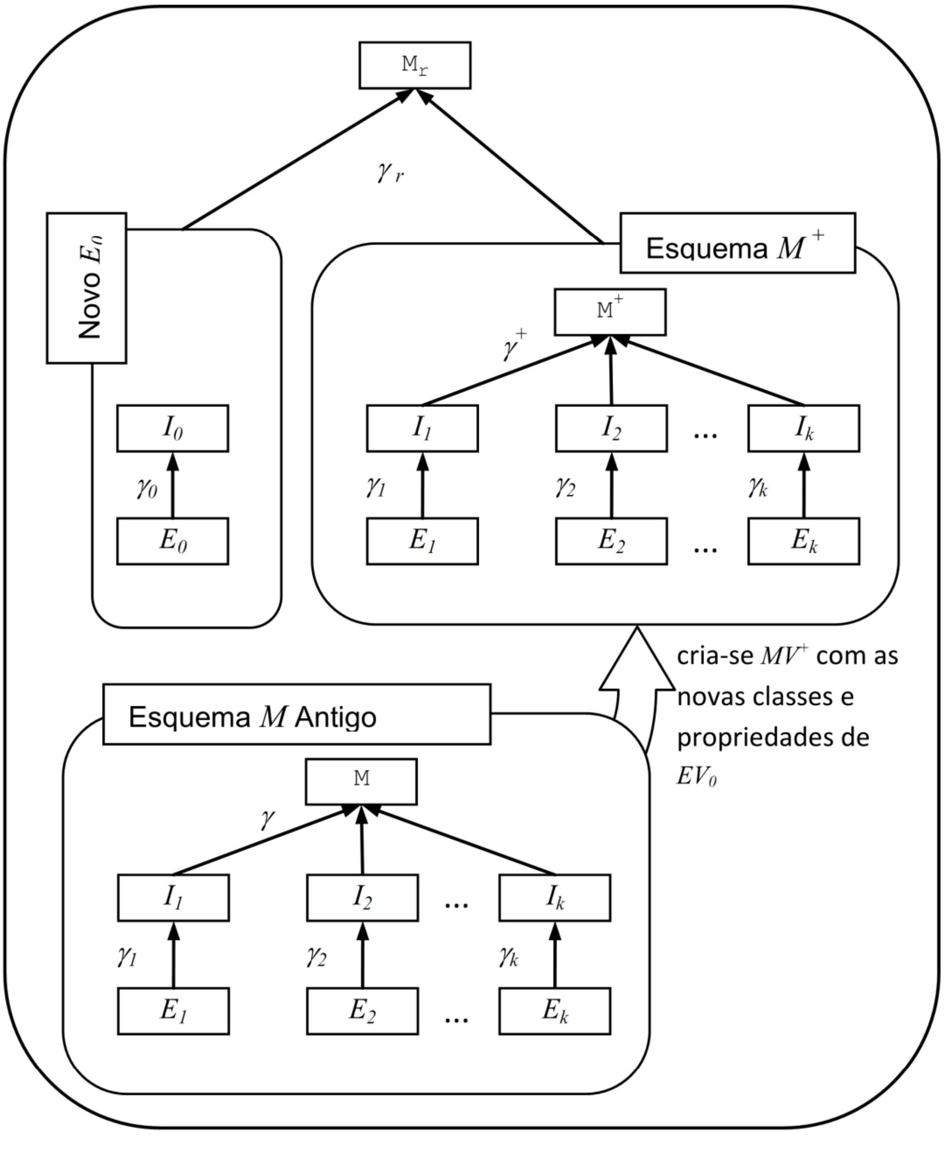

Figura 21 – Criação do Novo Esquema Mediado

O passo 3.3 é uma das principais contribuições desta tese, e será discutido em mais detalhes nas seções subseqüentes. Os passos 1.1, 1.2, 1.3 e 2.1 podem ser efetuados através de um processo automatizado de alinhamento, por exemplo, o processo discutido em [10, 30, 31]. O passo 3.1 foi apresentado no Capítulo 3 para esquemas ultra elementares.

Por fim, os passos 2.2, 2.3 e 3.2 são relativamente simples. No entanto, há alguns pontos interessantes, que serão abordados a seguir.

Como na Seção 2.4, foi assumido que as classes e propriedades em MV são C_i e P_j, para $i=1,...,u$ e $j=1,...,v$. Suponha que as classes e propriedades em MV_r são C_i^r e P_j^r, para $i=1,...,u+p$ e $j=1,...,v+q$. Então, para $i=u+1,...,u+p$ e $j=v+1,...,v+q$, segue que

- as novas classes e propriedades em MV^+ são C_i e P_j, as quais estão alinhadas com C_i^r e P_j^r
- as novas definições em γ^+ são $C_i \equiv \bot$ e $P_j \equiv \bot$
- as novas restrições em MC^+ são $C_i \sqsubseteq \bot$, $\exists P_j \sqsubseteq \bot$ e $\exists (P_j)^- \sqsubseteq \bot$

Observe que as novas restrições em MC^+ são uma consequência trivial do fato que, para $i=u+1,...,u+p$ e $j=v+1,...,v+q$, as novas definições em γ^+ forçam C_i e P_j a sempre possuírem interpretações vazias. Em particular, as restrições para P_j capturam que P_j é uma propriedade vazia dizendo que o domínio e imagem de P_j são sempre vazios. Esta estratégia é necessária já que as restrições que estão sendo consideradas não admitem expressões da forma $P_j \sqsubseteq \bot$. Além disso, note que é redundante, mas não errado, adicionar restrições que declaram que tanto o domínio quanto a imagem de P_j são sempre vazios.

Observe também que IC_0 terá, do mesmo modo, uma restrição da forma $C_i^0 \sqsubseteq \bot$, sempre que γ_0 contiver uma definição da forma $C_i^0 \equiv \bot$, e restrições da forma $\exists P_j^0 \sqsubseteq \bot$ e $\exists (P_j^0)^- \sqsubseteq \bot$, sempre que γ_0 contiver uma definição da forma $P_j^0 \equiv \bot$.

O mapeamento de mediação revisado pode então ser reescrito como segue:

- para cada $i=1,...,u+p$, o mapeamento mediado revisado γ_r contém uma definição da forma $C_i^r \equiv C_i^0 \sqcup C_i$, onde C_i^0 é a classe de I_0 que alinha com C_i^r e C_i é a classe de M que alinha com C_i^r

- para cada $j=1,...,v+q$, o mapeamento mediado revisado γ_r contém uma definição da forma $P_j^r \equiv P_j^0 \sqcup P_j$, onde P_j^0 é a propriedade de I_0 que alinha com P_j^r e P_j é a propriedade de M que alinha com P_j^r

A notação até aqui introduzida é necessária para criar o conjunto de restrições revisado MC_r. Para o processo de criação de MC_r existem duas importantes questões que precisam ser respondidas:

1. O que significa aplicar um conjunto mínimo de modificações ao conjunto de restrições?
2. Como manter a corretude dos mapeamentos de esquema?

Para responder a primeira questão, introduz-se o conceito de *reticulado do conjunto de restrições*. Relembre da Seção 2.1 que $Th(\Phi)$ denota a teoria induzida por um conjunto de fórmulas Φ. Seja $\mathcal{T}$ o conjunto de todos os conjuntos de restrições. Então $(\mathcal{T}, \models)$ é um *reticulado* onde, dados dois conjuntos quaisquer de restrições, Φ_1 e Φ_2, temos:

- o *ínfimo* ou *maior limite inferior* (*greatest lower bound - g.l.b*) é dado por $\Phi_1 \triangle \Phi_2 = Th(\Phi_1) \cap Th(\Phi_2)$.
- o *supremo* ou *menor limite superior* (*least upper bound - l.u.b.*) dado por: $\Phi_1 \triangledown \Phi_2 = Th(\Phi_1) \cup Th(\Phi_2)$.

Note que, para $i = 1,2$ $\Phi_i \models \Phi_1 \triangle \Phi_2$ e $\Phi_1 \triangledown \Phi_2 \models \Phi_i$

O argumento aqui defendido é que MC_r pode ser tomado como sendo o ínfimo (g.l.b) da tradução de MC^+ para MV_r e da tradução de IC_0 para MV_r. Note que, tecnicamente, não há duas restrições em $Th(MC^+)$ e em $Th(IC_0)$ que possam ser iguais pois, por definição, elas foram escritas em vocabulários diferentes. Por conseguinte, um passo de tradução é necessário para que as restrições estejam no mesmo vocabulário. Intuitivamente, esta tradução é apenas uma questão de mudança de prefixos.

Sejam $\mathcal{L}_1$ e $\mathcal{L}_2$ duas linguagens com alfabetos $\mathcal{A}_1$ e $\mathcal{A}_2$, respectivamente.

- Um mapeamento injetivo λ: $\mathcal{A}_1 \rightarrow \mathcal{L}_2$ é chamado de *uma função de substituição* de $\mathcal{A}_1$ para $\mathcal{L}_2$ sse
  - $\lambda(\perp)=\perp$ e $\lambda(\top)=\top$
  - se s é um conceito atômico de $\mathcal{A}_1$ e $\lambda(s)=e$ então e é uma expressão de conceito de $\mathcal{L}_2$

- se s é um papel atômico de $\mathcal{A}_1$ e $\lambda(s)=e$ então e é uma expressão de papel de $\mathcal{L}_2$

- A *tradução* de uma fórmula β de $\mathcal{L}_1$ para $\mathcal{L}_2$ via λ é a fórmula de $\mathcal{L}_2$, denotada por $\beta[\lambda]$, obtida através da substituição em β de cada símbolo A de $\mathcal{A}_1$ por $\lambda(A)$.
- A *tradução* de um conjunto de fórmulas B de $\mathcal{L}_1$ para $\mathcal{L}_2$ via λ é o conjunto de fórmulas de $\mathcal{L}_2$, denotadas por $B[\lambda]$, obtidas pela tradução de cada fórmula em B para $\mathcal{L}_2$ via λ.

Em particular, o mapeamento mediado γ_r induz três *funções de substituição canônicas:*

1. $\hat{\gamma}_r^0$ de IV_0 em MV_r tal que $\hat{\gamma}_r^0(A)=B$ sse A é um conceito atômico ou um papel atômico de IV_0 que ocorre no corpo da definição para B em γ_r
2. $\hat{\gamma}_r^+$ de MV^+ em MV_r tal que $\hat{\gamma}_r^+(A)=B$ sse A é um conceito atômico ou um papel atômico de MV^+ que ocorre no corpo da definição para B em γ_r
3. $\hat{\gamma}_r$ de MV_r em $IV_0 \cup MV^+$ tal que $\hat{\gamma}_r(B)=e$ sse a definição de B em γ_r é $B \equiv e$

Para aprimorar a notação, algumas traduções são escritas da seguinte forma:

- $\beta[IV_0 \rightarrow MV_r]$ é a tradução de uma restrição β em IC_0 de IV_0 para MV_r usando $\hat{\gamma}_r^0$
- $\beta[MV^+ \rightarrow MV_r]$ é a tradução de uma restrição β em MC^+ de MV^+ para MV_r usando $\hat{\gamma}_r^+$
- $\beta[MV_r \rightarrow IV_0 \cup MV^+]$ é a tradução de uma restrição β em MC_r de MV_r para $IV_0 \cup MV^+$ usando $\hat{\gamma}_r$.
- o conjunto de restrições $IC_0\,[IV_0 \rightarrow MV_r]$ é a tradução de IC_0 de IV_0 para MV_r
- o conjunto de restrições $MC^+[MV^+ \rightarrow MV_r]$ é a tradução de MC^+ de MV^+ para MV_r

Isto posto, é possível agora afirmar que MC_r pode ser tomado como sendo o ínfimo (g.l.b.) de $IC_0[IV_0 \rightarrow MV_r]$ e $MC^+[MV^+ \rightarrow MV_r]$ preservando a consistência.

Teorema 5 – Seja $MC_r = IC_0[IV_0 \rightarrow MV_r] \vartriangle MC^+[MV^+ \rightarrow MV_r]$. Suponha que:

(i) *(Suposição da disjunção dos domínios)* Qualquer par de interpretações para EV_i e EV_j possui domínios disjuntos.

(ii) O mapeamento de mediação γ e os mapeamentos locais $\gamma_1,...,\gamma_n$ induzem um mapeamento de estados consistentes de $E_1,...,E_n$ para estados consistentes de M.

(iii) O mapeamento local γ_0 induz um mapeamento de estados consistentes de E_0 para estados consistentes de I_0.

Então, o mapeamento de mediação revisado γ_r e os mapeamentos locais $\gamma_0, \gamma_1,...,\gamma_n$ induzem um mapeamento de estados consistentes de EC_0, $EC_1,..., EC_n$ em estados do esquema de mediação revisado que satisfaz MC_r.

A prova do Teorema 5 depende da definição do mapeamento de mediação com a ajuda das expressões de união, $C_i^r \equiv C_i^0 \sqcup Ci$ e $P_j^r \equiv P_j^0 \sqcup P_j$, e da suposição da disjunção dos domínios introduzida na Seção 2.1. A prova completa do Teorema 5 pode ser encontrada em [17].

Como consequência do Teorema 5, enfatiza-se que, sendo MC_r definido como o ínfimo (g.l.b.) de $IC_0[IV_0 \rightarrow MV_r]$ e $MC^+[MV^+ \rightarrow MV_r]$ com respeito a $(\mathcal{T}, \models)$, MC_r é a melhor forma de revisar MC, no sentido de que mantém a corretude dos mapeamentos.

Agora será apresentado um exemplo simples que ilustra como as restrições de um esquema mediado podem ser definidas.

Exemplo 4-1 – Definição das restrições do esquema mediado.

Este exemplo apresenta passo a passo como as restrições do esquema mediado *Sales* da Figura 13 vão sendo gradualmente construídas a partir das restrições dos esquemas importados da *Amazon* e do *eBay*, mostrados na Figura 8 e na Figura 11, respectivamente. Após esta etapa, o exemplo apresenta como incluir um terceiro esquema importado.

Passo A – Adição do esquema da *Amazon*.

Assuma que o ambiente de mediação contém apenas as definições do vocabulário listadas na Figura 6. Suponha que um usuário deseja adicionar ao ambiente de mediação o esquema exportado da *Amazon*, E_a, com esquema importado I_a e mapeamento local γ_a, todos definidos na Figura 15.

De fato, após este passo inicial, a definição do vocabulário do esquema mediado *Sales* consiste apenas da troca dos prefixos de namespaces. Da mesma forma, o mapeamento de mediação contém definições apenas do esquema importado da *Amazon*, através de assertivas diretas.

Passo B – Adição do esquema *eBay*.

Considere agora como adicionar ao ambiente de mediação o esquema E_e, fragmento do esquema *eBay* descrito na Figura 3 e na Figura 5, com esquema importado I_e definido na Figura 10 e na Figura 11, e mapeamento local γ_e apresentado na Figura 12. Este passo é realizado em três etapas:

1. Etapa da revisão de conceito.

Assuma por uma questão de simplificar o exemplo que nenhuma nova classe ou propriedade seja adicionada ao mapeamento. Assim, o vocabulário de *Sales*, identificado com o prefixo "`s:`", possui as classes `s:Book`, `s:Music` e `s:Product`, e as propriedades `s:title` e `s:city`.

2. Etapa da revisão de mapeamento

A Figura 22 apresenta o mapeamento de mediação revisado do ambiente de mediação *Sales*.

$\mathtt{s:Product} \equiv \mathtt{ai:Product} \sqcup \mathtt{bi:Product}$ $\mathtt{s:Music} \equiv \mathtt{ai:Music} \sqcup \mathtt{bi:Music}$ $\mathtt{s:Book} \equiv \mathtt{ai:Book} \sqcup \mathtt{bi:Book}$	$\mathtt{s:title} \equiv \mathtt{ai:title} \sqcup \mathtt{bi:title}$ $\mathtt{s:city} \equiv \mathtt{ai:city} \sqcup \mathtt{bi:city}$

Figura 22 – Mapeamento de mediação revisado

3. Revisão das restrições

Considere os seguintes conjuntos de restrições:

- Ψ_A, Ψ_E – os conjuntos de restrições dos esquemas importados da *Amazon* e *eBay*, mostrados nas Figura 8 (página 31) e Figura 11 (página 32)
- Φ_A, Φ_E – os conjuntos de restrições obtidos através da tradução de Ψ_A e Ψ_E, respectivamente, para o vocabulário do esquema mediado.

Esta tradução, como foi definida, é um processo simples que substitui `ai:Product` por `s:Product`, e assim por diante.

Neste ponto é importante observar que não faz sentido calcular o ínfimo de Ψ_A e Ψ_E, uma vez que estas restrições são escritas em diferentes vocabulários. O conjunto de restrições que utiliza o mesmo vocabulário é o conjunto que foi escrito com o vocabulário do esquema mediado, ou seja, Φ_A e Φ_E. Por essa razão, estes são os conjuntos usados para calcular o ínfimo. Como

$$\Phi_A \vartriangle \Phi_E = Th(\Phi_A) \cap Th(\Phi_E)$$

é necessário encontrar as restrições que são *deriváveis simultaneamente* de Φ_A e Φ_E. Para facilitar, as restrições do esquema mediado *Sales* da Figura 13 são repetidas a seguir.

R. de Propriedade	*R. de Cardinalidade*	*R. de Classe*
∃ s:title ⊑ s:Product ∃ s:title⁻ ⊑ string ∃ s:city ⊑ s:Product ∃ s:city⁻ ⊑ string	s:Product ⊑ (≤ 1 s:title) s:Book ⊑ (≥ 1 s:city)	s:Book ⊑ s:Product s:Music ⊑ s:Product s:Book | s:Music

Restrições do esquema mediado *Sales*

Primeiramente, é preciso analisar em detalhe quais restrições de minCardinalidade para a propriedade `s:city` estão em $\Phi_A \vartriangle \Phi_E$. Observando a Figura 8 (página 31) e a Figura 11 (página 32), considere as seguintes restrições de minCardinalidade para `city` em Ψ_A e Ψ_E

(1) ai:Book ⊑ (≥ 3 ai:city) (em Ψ_A)

(2) ei:Product ⊑ (≥ 1 ei:city) (em Ψ_E)

Também existe a seguinte restrição de subconjunto em Ψ_E

(3) ei:Book ⊑ ei:Product (em Ψ_E)

Quando traduzidas para o vocabulário do esquema mediado, identificado pelo prefixo "`s:`", as restrições de (1) a (3) tornam-se

(4) s:Book ⊑ (≥ 3 s:city) (em Φ_A)

(5) s:Product ⊑ (≥ 1 s:city) (em Φ_E)

(6) s:Book ⊑ s:Product (em Φ_B)

Logo, a única restrição de minCardinalidade para a propriedade `s:city` que é derivada simultaneamente de Φ_A e Φ_E é

(7) `s:Book ⊑ (≥ 1 s:city)` (em $\Phi_A \vartriangle \Phi_E$)

Observe que (4) implica em (7), já que uma minCardinalidade n implica em uma minCardinalidade m, se $m \leq n$. Note que (5) e (6) também implicam em (7). Por uma argumentação simples, temos:

(8) `s:Product ⊑ (≥ 1 s:title)` (em $\Phi_A \vartriangle \Phi_E$)

As restrições de subconjunto em $\Phi_A \vartriangle \Phi_E$ são as restrições de classe mostradas na Figura 13. De fato, elas estão na interseção de Φ_A e Φ_E.

As restrições de domínio e imagem são as restrições de propriedade mostradas na Figura 13. De fato elas estão na interseção de Φ_A e Φ_E, a não ser pela restrição de domínio `∃ s:city ⊑ s:Product`, que é derivada a partir da Figura 8 (página 31) e da Figura 11 (página 32) obtendo-se as seguintes restrições de domínio em Ψ_A e Ψ_E

(9) `∃ ai:city ⊑ ai:Book` (em Ψ_A)

(10) `∃ ei:city ⊑ ei:Product` (em Ψ_E)

Existe ainda a seguinte restrição de subconjunto em Ψ_A

(11) `∃ ai:Book ⊑ ai:Product` (em Ψ_A)

Quando traduzidas para o vocabulário do esquema mediado, uma vez mais, identificado pelo prefix "`s:`", as restrições (9) a (11) tornam-se

(12) `∃ s:city ⊑ s:Book` (em Φ_A)

(13) `∃ s:city ⊑ s:Product` (em Φ_E)

(14) `∃ s:Book ⊑ s:Product` (em Φ_A)

Logo, a restrição de domínio para a propriedade `s:pub`, que é derivada simultaneamente de Φ_A e Φ_E, é

(15) `∃ s:city ⊑ s:Product` (em $\Phi_A \vartriangle \Phi_E$)

A Figura 13 mostra o conjunto de restrições quando fazem parte do ambiente de mediação *Sales* o esquema da *Amazon* e do *eBay*. Neste conjunto vale:

$\Phi_S \models \Phi_A \vartriangle \Phi_E$ para $S \in \{A, E\}$)

Logo, após a tradução para o vocabulário do esquema mediado e o cálculo apropriado das restrições, dados retornados da fonte de dados da *Amazon* sempre irão satisfazer as restrições do esquema mediado e, da mesma forma, para o esquema *eBay*.

Este passo mostrou que as restrições de um esquema mediado podem ser calculadas a partir do ínfimo dos conjuntos de restrições dos esquemas importados, após a tradução apropriada.

Passo C – Adição do esquema *BN*.

Neste passo será adicionado ao ambiente de mediação *Sales* um novo esquema exportado. Seja *BN* um novo esquema exportado, entendido intuitivamente como um fragmento do banco de dados da *Barnes&Noble*, com o vocabulário da Figura 23 e as restrições da Figura 24.

Classes:	Propriedades:
`b:Product` `b:CultProd` `b:Music` `b:Book`	`b:title`

Figura 23 – Vocabulário do esquema exportado *BN*

R. de Propriedade	*R. de Cardinalidade*	*R. de Classe*
$\exists$ b:title $\sqsubseteq$ b:Product $\exists$ b:title^{-} $\sqsubseteq$ string	(não há restrições de cardinalidade)	b:CultProd $\sqsubseteq$ b:Product b:Book $\sqsubseteq$ b:CultProd b:Music $\sqsubseteq$ b:CultProd

Figura 24 – Restrições do esquema exportado *BN*

Para incluir *BN* no ambiente de mediação *Sales*, criando o ambiente de mediação *Sales/BN*, novamente são necessárias as três etapas do Passo A:

1. Etapa de revisão de conceito.

Como o alinhamento dos vocabulários não faz parte do escopo desta tese, assuma mais uma vez que o vocabulário do esquema mediado *Sales/BN*, com prefixo "`sr:`", como na Figura 25, é igual ao do esquema mediado *Sales*, que continua sendo identificado com o prefixo "`s:`", como na Figura 26. O vocabulário do esquema importado *BN* está na Figura 27.

Classes:	Propriedades:

`sr:Product`
`sr:Music`
`sr:Book`
	`sr:title`
	`sr:city`

Figura 25 – Vocabulário do esquema mediado *Sales/BN*

Classes:	Propriedades:

`s:Product`
`s:Music`
`s:Book`
	`s:title`
	`s:city`

Figura 26 – Vocabulário do esquema mediado *Sales*

Classes:	Propriedades:
bi:Product bi:Music bi:Book	bi:title bi:city

Figura 27 – Vocabulário do Esquema Importado *BN*

2. Etapa de revisão do mapeamento.

A Figura 28 mostra o mapeamento local do esquema exportado de *BN* para o esquema importado de *BN*. Note que a definição $\texttt{bi:city} \equiv \bot$ indica que a propriedade `bi:city` será sempre vazia no esquema importado de *BN*.

A Figura 29 corresponde ao mapeamento mediado do ambiente de mediação *Sales/BN*.

1. Etapa de revisão de restrições

A Figura 30 contém as restrições do esquema importado de BN. Note que as restrições $\exists\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$ e $\exists\texttt{bi:city}^{-} \sqsubseteq \bot$ na Figura 30 seguem da definição $\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$ da Figura 28. De fato, essas restrições capturam que `bi:city` é uma propriedade vazia já que seus domínio e imagem são definidos como sempre vazios. Esta estratégia é necessária pois as restrições que estão sendo consideradas não permitem expressões da forma $\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$. Logo, o fato de adicionar uma restrição que diz que o domínio de `bi:city` é sempre vazio e, da mesma forma, uma restrição que diz que a imagem de `bi:city` é sempre vazia, pode ser vista como uma definição redundante, mas que não é errada do ponto de vista formal.

Como o esquema externo de *BN* não possui restrições de cardinalidade explícitas, o esquema importado de *BN* também não possui restrições de cardinalidade não triviais. No entanto, $\exists\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$ implica logicamente em $\top \sqsubseteq (\leq k\ \texttt{bi:city})$, onde k é um inteiro positivo qualquer. Por conseguinte, $\exists\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$ implica trivialmente em restrições de maxCardinalidade da forma $e \sqsubseteq (\leq k\ \texttt{bi:city})$, onde e é uma expressão de conceito qualquer e k é um inteiro positivo qualquer. Do mesmo modo, $\exists\texttt{bi:city} \sqsubseteq \bot$ implica trivialmente em restrições de disjunção da forma $\exists\texttt{sr:city} \mid C$, onde C é uma expressão qualquer. Qualquer uma dessas restrições não precisa ser explicitada já que elas estarão na teoria das restrições do esquema importado de *BN*. Observação similar vale para $\exists\texttt{bi:city}^{-} \sqsubseteq \bot$.

bi:Product ≡ b:Product bi:Music ≡ b:Music bi:Book ≡ b:Book	bi:title ≡ b:title bi:city ≡ ⊥

Figura 28 – Mapeamento local do esquema *BN*

sr:Product ≡ bi:Product ⊔ s:Product sr:Music ≡ bi:Music ⊔ s:Music sr:Book ≡ bi:Book ⊔ s:Book	sr:title ≡ bi:title ⊔ s:title sr:city ≡ bi:city ⊔ s:city

Figura 29 – Mapeamento de mediação do ambiente de mediação *Sales/BN*

R. de Propriedade	***R. de Cardinalidade***	***R. de Classe***
∃ bi:title ⊑ bi:Product ∃ bi:title⁻ ⊑ string ∃ bi:city ⊑ ⊥ ∃ bi:city⁻ ⊑ ⊥	Todas as retrições de cardinalidade são triviais	bi:Book ⊑ bi:Product bi:Music ⊑ bi:Product

Figura 30 – Restrições do esquema importado de *BN*

O conjunto de restrições do esquema importado de *BN* é traduzido para o vocabulário do esquema mediado *Sales/BN* simplesmente substituindo `bi:Book` por `sr:Book`, etc. Isto resulta no conjunto de restrições Φ_B, onde

(16) ∃ sr:title ⊑ sr:Product (em Φ_B)

(17) ∃ sr:title– ⊑ string (em Φ_B)

(18) ∃ sr:city ⊑ ⊥ (em Φ_B)

(19) ∃ sr:city– ⊑ ⊥ (em Φ_B)

(20) sr:Book ⊑ sr:Product (em Φ_B)

(21) sr:Music ⊑ sr:Product (em Φ_B)

Agora, relembre que `sr:city` é uma propriedade vazia no esquema importado de *BN*, $Th(\Phi_B)$ também contém

(22) ∃ sr:city ⊑ sr:Book (em $Th(\Phi_B)$)

(23) ∃ sr:city⁻ ⊑ string (em $Th(\Phi_B)$)

(24) ∃ sr:city ⊑ (≤ 1 sr:title) (em $Th(\Phi_B)$)

As restrições do esquema mediado *Sales* antigo, mostradas na Figura 13 (repetida aqui nesta seção), também são traduzidas para o vocabulário do esquema mediado *Sales/BN*, obtendo-se o conjunto de restrições Φ_S, onde

(25) ∃ sr:title ⊑ sr:Product (em Φ_S)

(26) ∃ sr:title– ⊑ string (em Φ_S)

(27) ∃ sr:city ⊑ sr:Product (em Φ_S)

(28) ∃ sr:city– ⊑ string (em Φ_S)

(29) sr:Product ⊑ (≤ 1 sr:title) (em Φ_S)

(30) sr:Book ⊑ (≥ 1 sr:city) (em Φ_S)

(31) sr:Book ⊑ sr:Product (em Φ_S)

(32) `sr:Music ⊑ sr:Product` (em Φ_S)

(33) `sr:Book | sr:Music` (em Φ_S)

Observe que, a partir de (27) e (29), pode-se concluir que $Th(\Phi_S)$ contém a seguinte restrição:

(34) `sr:city ⊑ (≤ 1 sr:title)`

As restrições do esquema mediado (revisado) *Sales/BN* são então computadas como:

$$SC_r = \Phi_B \vartriangle \Phi_S = Th(\Phi_B) \cap Th(\Phi_S)$$

A Figura 31 relaciona as restrições em SC_r. Por inspeção, observe que $SC_r = Th(\Phi_B) \cap Th(\Phi_S)$ contém:

- restrições de domínio e imagem para `sr:title`, via (16), (17), (25) e (26)
- restrições de domínio e imagem para `sr:city`, via (22), (23), (27) e (28)
- restrições de subconjunto para `sr:Product`, via (20), (21), (31) e (32)
- uma única restrição de cardinalidade, de natureza inesperada, via (24) e (34)
- nenhuma restrição de disjunção já que $Th(\Phi_S)$ não contém nenhuma das restrições triviais de subconjunto em $Th(\Phi_B)$ da forma "∃ `sr:city | C`" ou da forma "∃ `sr:city`$^{-}$ `| C`", onde `C` é uma expressão qualquer.

∃ sr:title ⊑ sr:Product ∃ sr:title^{-} ⊑ string ∃ sr:city ⊑ sr:Product ∃ sr:city^{-} ⊑ string	∃ sr:city ⊑ (≤ 1 s:title)	sr:Book ⊑ sr:Product sr:Music ⊑ sr:Product

Figura 31 – Restrições do esquema mediado revisado *Sales/BN*

4.2. Cálculo do ínfimo de dois conjuntos de restrições

O *problema de revisão mínima das restrições* trata de como aplicar um conjunto mínimo de mudanças às restrições de um esquema mediado para acomodar as novas restrições dos esquemas importados, de tal modo que todos os mapeamentos de esquemas continuem corretos. A solução para o problema de revisão mínima das restrições, delineado até aqui, não mostrou nenhuma indicação de como gerar o conjunto revisado de restrições do esquema mediado. Nesta seção, será então mostrado como computar o ínfimo (g.l.b). de dois conjuntos de restrições, com a ajuda de exemplos. A prova dos resultados que justificam as técnicas que serão aqui apresentadas pode ser encontrada em [17].

Recorde inicialmente da Seção 2.2. que as restrições admitidas em um esquema elementar podem ser normalizadas reescrevendo-as como se segue:

- Domínio $\exists P \sqsubseteq D$ como $(\geq 1\ P) \sqsubseteq D$
- Imagem $\exists P^{-} \sqsubseteq R$ como $(\geq 1\ P^{-}) \sqsubseteq R$
- maxCardinalidade $C \sqsubseteq (\leq k\ P)$ como $C \sqsubseteq \neg(\geq k{+}1\ P)$
- maxCardinalidade $C \sqsubseteq (\leq k\ P^{-})$ como $C \sqsubseteq \neg(\geq k{+}1\ P^{-})$
- Disjunção $C \mid D$ como $C \sqsubseteq \neg D$ (ou, $D \sqsubseteq \neg C$)
- Domínio Vazio $\exists P \sqsubseteq \bot$ como $(\geq 1\ P) \sqsubseteq \bot$
- Imagem Vazia $\exists P^{-} \sqsubseteq \bot$ como $(\geq 1\ P^{-}) \sqsubseteq \bot$

Observe que, após a normalização, expressões negadas (incluindo o conceito vazio $\bot$) ocorrem apenas do lado direito das restrições.

A questão de computar o ínfimo de dois conjuntos de restrições não é um procedimento direto, visto que as restrições podem interagir de forma inesperada, mesmo em exemplos simples, como mostrado a seguir

Exemplo 4-2 – Restrições que geram resultado vazio.

a) Suponha que $\Sigma = \{\ A \sqsubseteq B\ ,\ A \sqsubseteq C\ ,\ B \mid C\ \}$. Como B e C são disjuntos e A é subconjunto de B e de C, o conjunto de restrições Σ implica que A será sempre vazio, ou seja, $\Sigma \models A \sqsubseteq \bot$.

b) Assuma que $\Sigma = \{\ A \sqsubseteq (\leq m\ P)\ ,\ A \sqsubseteq (\geq n\ P)\ \}$. Suponha também que $m<n$. Então, como $(\leq m\ P)$ e $(\geq n\ P)$ denotam conjuntos disjuntos, e A é um subconjunto das duas restrições, novamente $\Sigma \models A \sqsubseteq \bot$.

c) Finalmente, note que $A \sqsubseteq \bot$ implica logicamente $A \sqsubseteq e$, para qualquer expressão e. Portanto, $A \sqsubseteq \bot$ afeta diretamente o cálculo do ínfimo $\Sigma \vartriangle \Gamma$, onde Γ é qualquer conjunto de restrições.

A seqüência de definições a seguir indica como construir um grafo que captura a estrutura do conjunto de restrições. Para ajudar na construção do grafo, algumas definições auxiliares são necessárias:

- O *complemento* de uma expressão não-negada e é $\neg e$, e vice-versa
- O *complemento* de $\bot$ é $\top$, e vice-versa
- O *complemento* de uma expressão c é denotado por $\overline{c}$
- Uma *expressão de restrição* é uma expressão que pode ocorrer do lado esquerdo ou direito de uma restrição normalizada

Seja Σ um conjunto de restrições normalizadas e Ω um conjunto de expressões de restrição (deixando o alfabeto implicitamente definido pelo contexto). O grafo rotulado $g(\Sigma,\Omega)=(\gamma,\delta,\kappa)$ que *captura* Σ e Ω, onde κ rotula cada vértice com uma expressão, é definido da seguinte forma:

(i) Para cada expressão de conceito e que ocorre do lado esquerdo ou direito de uma inclusão em Σ, ou que ocorre em Ω, existe exatamente um vértice em γ rotulado por e.

(ii) Para cada papel atômico P, existe exatamente um vértice em γ rotulado com P (esta é apenas uma conveniência teórica, explorada em [17]).

(iii) Se existir um vértice em γ rotulado com uma expressão de conceito e, então deve existir exatamente um vértice em γ rotulado com $\bar{e}$.

(iv) Para cada restrição $e \sqsubseteq f$ em Σ, existe um arco (M,N) em δ, onde M e N são vértices rotulados com e e f, respectivamente.

(v) Se existirem vértices M e N em γ rotulados com $(\geq m\ p)$ e $(\geq n\ p)$, onde p ou é P ou é P^{-} e $m<n$, então existe um arco (N,M) em δ.

(vi) Se existir um arco (M,N) em δ, onde M e N são os vértices rotulados com e e f, respectivamente, então existe um arco (K,L) em δ, onde K e L são os vértices rotulados com $\bar{f}$ e $\bar{e}$, respectivamente.

(vii) Estes são os únicos vértices e arcos de $g(\Sigma)$.

O grafo rotulado $G(\Sigma,\Omega)=(\eta,\varepsilon,\lambda)$ que *representa* Σ e Ω, onde λ rotula cada vértice com um conjunto de expressões, é definido a partir de $g(\Sigma,\Omega)$ colapsando-se cada clique de $g(\Sigma,\Omega)$ em um único vértice rotulado com as expressões que previamente rotulavam os vértices no clique de $g(\Sigma,\Omega)$. Quando Ω é um conjunto vazio, omite-se Ω e denota-se o grafo apenas por $G(\Sigma)$; diz-se ainda que o grafo *representa* Σ.

Se um vértice K de $G(\Sigma,\Omega)$ é rotulado com uma expressão e, então $\bar{K}$ denota o vértice rotulado com $\bar{e}$ (que pode ser o próprio K). Diz-se que K e $\bar{K}$ são *vértices duais* de $G(\Sigma,\Omega)$.

Um vértice K de $G(\Sigma,\Omega)$ é um $\perp$-*vértice com nível* n, para um inteiro não negativo n, sse uma das seguintes condições é válida:

(i) K é um $\perp$-*vértice com nível 0* sse

a. K é rotulado com $\perp$, ou

b. Existem dois vértices M e N, não necessariamente distintos de K, e uma expressão de conceito não-negada h tal que M e N são rotulados respectivamente com h e $\neg h$, e existem caminhos em $G(\Sigma,\Omega)$ de K para M e de K para N.

(ii) K é um $\perp$-*vértice com nível n+1* sse

a. Existe um $\perp$-*vértice* M de nível n, distinto de K, de tal forma que exista um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ de K para M, e M é um $\perp$-*vértice* com o menor nível tal que exista um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ de K para M, ou

b. K é rotulado com uma restrição de minCardinalidade da forma $(\geq 1\ P)$ (ou da forma $(\geq 1\ P^{-})$) e existe um $\perp$-*vértice* M de nível n, distinto de K, tal que M é rotulado com $(\geq 1\ P^{-})$ (ou com $(\geq 1\ P)$), e M é um $\perp$-*vértice* com o menor nível rotulado com $(\geq 1\ P^{-})$ ou $(\geq 1\ P)$.

Um vértice K é um $\perp$-*vértice* sse K é um $\perp$-*vértice* com nível n, para algum inteiro não negativo n, e K é um $\top$-*vértice* sse $\overline{K}$ é um $\perp$-*vértice*.

Para melhor entender o processo de construção de $G(\Sigma,\Omega)$ serão abordadas informalmente algumas das suas propriedades. A descrição formal de tais propriedades pode ser encontrada na Proposição 5 do apêndice de [17]:

- Existe um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ a partir de um vértice rotulado com e para um vértice rotulado com f sse existe um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ de um nodo rotulado com $\bar{f}$ para um nodo rotulado com $\bar{e}$.
- Se duas expressões de conceito, e e f, rotulam o mesmo vértice de $G(\Sigma,\Omega)$, então $\Sigma \models e \equiv f$, ou seja, Σ força e e f a denotarem o mesmo conjunto de indivíduos.
- Se uma expressão de conceito e rotula uma $\perp$-*vértice* com nível 0 de $G(\Sigma,\Omega)$, então $\Sigma \models e \sqsubseteq \perp$, ou seja, Σ força e a denotar um conjunto vazio de indivíduos.
- Se existe um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ de um vértice rotulado com e para um vértice rotulado com f, então $\Sigma \models e \sqsubseteq f$.

Exemplo 4-3 – Geração do grafo $G(\Sigma,\Omega)$ que representa Σ.

Considere as restrições do esquema mediado *Sales*, listadas na Figura 13. Apenas por questões de clareza do grafo, os nomes das classes e propriedades foram abreviados utilizando-se apenas a primeira letra de cada nome e ignorando-se os prefixos. Seja Σ o conjunto obtido a partir das normalizações das restrições do esquema mediado *Sales*. O conjunto Σ compreende as restrições de (1) a (9):

(1) $\exists\, t \sqsubseteq P$ normalizado como: $(\geq 1\ t) \sqsubseteq P$

(2) $\exists\, t^{-} \sqsubseteq S$ normalizado como: $(\geq 1\ t^{-}) \sqsubseteq S$

(3) $\exists\, c \sqsubseteq P$ normalizado como: $(\geq 1\ c) \sqsubseteq P$

(4) $\exists\, c^{-} \sqsubseteq S$ normalizado como: $(\geq 1\ c^{-}) \sqsubseteq S$

(5) $P \sqsubseteq (\leq 1\ t)$ normalizado como: $P \sqsubseteq \neg(\geq 2\ t)$

(6) $B \sqsubseteq (\geq 1\ c)$

(7) $B \sqsubseteq P$

(8) $M \sqsubseteq P$

(9) $B \mid M$ normalizado como: $B \sqsubseteq \neg M$

A Figura 32 mostra $g(\Sigma)$, o grafo que captura Σ, usando as restrições na forma normalizada. Neste caso, $g(\Sigma)$ é igual a $G(\Sigma)$, o grafo que representa Σ. Por inspeção de $G(\Sigma)$, note que:

- Existe um caminho do vértice rotulado com $(\geq 1\ c)$ para o vértice rotulado com $\neg(\geq 2\ t)$, o que implica em

  (10) $(\geq 1\ c) \sqsubseteq \neg(\geq 2\ t)$

- Existem caminhos do vértice K rotulado com $(\geq 2\ t)$ para o vértice rotulado com $\neg P$ e outro caminho para o vértice rotulado com P. Então, K é um $\perp$-*vértice* com nível 0, o que implica em

  (11) $\models (\geq 2\ t) \sqsubseteq \perp$

Intuitivamente, *t* nunca mapeia um indivíduo em dois ou mais indivíduos, na presença das restrições em Σ.

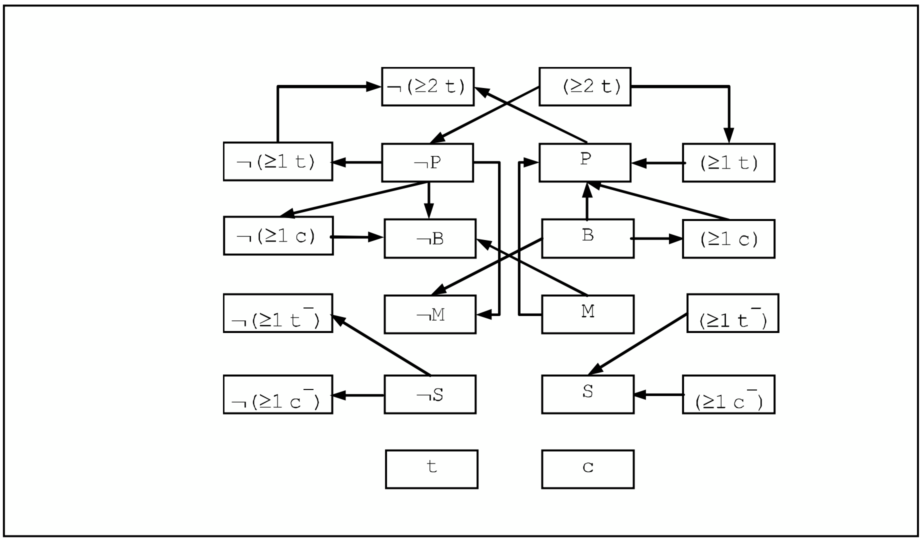

Figura 32 – O grafo $G(\Sigma)$ que representa Σ

Exemplo 4-4 – Construção do grafo $G(\Phi)$ que representa Φ.

Considere as restrições do esquema importado de *BN*, apresentado na Figura 30, onde novamente os nomes das classes e propriedades foram abreviados para apenas a primeira letra, ignorando os prefixos. Seja Φ o conjunto obtido normalizando as restrições, como segue:

(1) $\exists\, t \sqsubseteq P$	normalizado como: $(\geq 1\ t) \sqsubseteq P$
(2) $\exists\, t^{-} \sqsubseteq S$	normalizado como: $(\geq 1\ t^{-}) \sqsubseteq S$
(3) $\exists\, c \sqsubseteq \bot$	normalizado como: $(\geq 1\ c) \sqsubseteq \bot$
(4) $\exists\, c^{-} \sqsubseteq \bot$	normalizado como: $(\geq 1\ c^{-}) \sqsubseteq \bot$
(5) $B \sqsubseteq P$	
(6) $M \sqsubseteq P$	

A Figura 33 mostra o grafo $G(\Phi)$ que representa Φ, usando as restrições na forma normalizada.

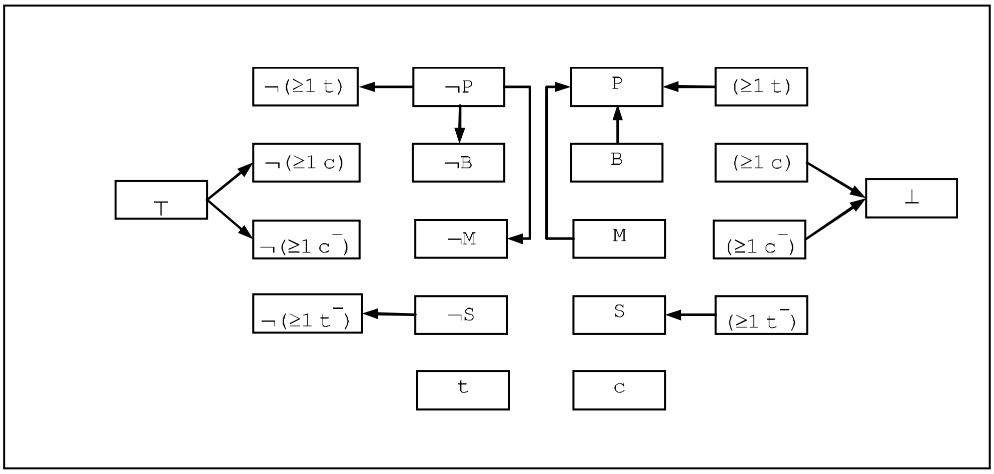

Figura 33 – O grafo $G(\Phi)$ que representa Φ

Seja Σ um conjunto de restrições normalizadas. O cálculo de $Th(\Sigma)$ é baseado no próximo resultado, que o Exemplo 4-3 já ilustra parcialmente.

Teorema 6 – Seja Σ o conjunto de restrições normalizadas. Seja $e \sqsubseteq f$ uma restrição e $\Omega = \{ e, f \}$. Seja $G(\Sigma,\Omega)$ o grafo que representa Σ e Ω. Então, $\Sigma \models e \sqsubseteq f$ sse uma das seguintes condições vale:

(i) O vértice de $G(\Sigma,\Omega)$ rotulado com e é um $\perp$-*vértice*; ou

(ii) O vértice de $G(\Sigma,\Omega)$ rotulado com f é um $\top$-*vértice*; ou

(iii) Existe um caminho em $G(\Sigma,\Omega)$ a partir do vértice rotulado com e para o vértice rotulado com f.

Corolário 1 – Seja Σ um conjunto de restrições normalizadas. Seja $e \sqsubseteq f$ um conjunto de restrições e $\Omega = \{ e, f \}$. Seja $G(\Sigma,\Omega)$ o grafo que representa Σ e Ω, e $G(\Sigma)$ o grafo que representa Σ. Suponha que $\Sigma \models e \sqsubseteq f$. Então:

a) e rotula um vértice de $G(\Sigma)$ ou e é da forma $(\geq k\ P)$ e existe um vértice de $G(\Sigma)$ rotulado com $(\geq j\ P)$, onde $j<k$, ou

b) f rotula um vértice de $G(\Sigma)$ ou f é da forma $\neg(\geq n\ P)$ e existe um vértice de $G(\Sigma)$ rotulado com $\neg(\geq m\ P)$, onde $m<n$.

Seja Σ_1 e Σ_2 dois conjuntos de restrições normalizadas. Seja $G(\Sigma_1)$ e $G(\Sigma_2)$ os grafos que representam Σ_1 e Σ_2, respectivamente. Denota-se por $G^*(\Sigma_1)$ e $G^*(\Sigma_2)$ o fecho transitivo de $G(\Sigma_1)$ e $G(\Sigma_2)$, respectivamente. Baseado no

Teorema 6 e no Corolário 1,define-se o conjunto de restrições Γ que *gera o ínfimo de* Σ_1 *e* Σ_2 como segue:

Definição 3 – Uma restrição $e \sqsubseteq f$ está em Γ sse existem $i, j \in \{1,2\}$, com $i \neq j$, tal que uma das seguintes condições valem:

a) Existe um $\perp$-*vértice* M de $G(\Sigma_i)$ e um $\perp$-*vértice* P de $G(\Sigma_j)$ e
   - e é uma expressão de restrição não negada que rotula M e P
   - f é o conceito vazio $\perp$

b) Existe um $\perp$-*vértice* M de $G(\Sigma_i)$ e um arco (P,Q) de $G^*(\Sigma_j)$ tal que P não é um $\perp$-*vértice* de $G(\Sigma_j)$ e
   - e é uma expressão de restrição não negada que rotula M e P
   - f é uma expressão de restrição que rotula Q

c) Existe um $\top$-*vértice* N de $G(\Sigma_i)$ e um arco (P,Q) de $G^*(\Sigma_j)$ tal que Q não é um $\top$-*vértice* de $G(\Sigma_j)$ e
   - e é uma expressão de restrição não negada que rotula P
   - f é uma expressão de restrição que rotula N e Q

d) Existe um arco (M,N) de $G^*(\Sigma_i)$ e um arco (P,Q) de $G^*(\Sigma_j)$ tal que M, N, P ou Q não é um $\perp$-*vértice* ou um $\top$-*vértice* e
   - e é uma expressão de restrição não negada que rotula M e P
   - f é uma expressão de restrição que rotula N e Q

Note que Γ é um conjunto de restrições (normalizadas) pois, por construção, e é sempre uma expressão de restrição não-negada e f é uma expressão de restrição. Note ainda que Γ pode ser construído em $O(n^2)$, onde $n=max(n_1,n_2)$ e n_i é o número de vértices de $G(\Sigma_i)$.

O Corolário 2 indica que Γ é construído corretamente, no sentido de que $Th(\Gamma) = \Sigma \triangle \Phi = Th(\Sigma) \cap Th(\Phi)$. Este corolário segue do Teorema 6, do Corolário 1 da definição de Γ.

Corolário 2 – Sejam Σ_1 e Σ_2 dois conjuntos de restrições normalizadas. Seja Γ o conjunto de restrições que gera o ínfimo de Σ_1 e Σ_2. Então segue que:

(i) $Th(\Gamma) = \Sigma_1 \triangle \Sigma_2$.

(ii) Seja $e \sqsubseteq f$ uma restrição e $\Omega = \{ e, f \}$. Seja $G(\Gamma,\Omega)$ o grafo que representa Γ e Ω. Então, $e \sqsubseteq f$ está em $\Sigma_1 \triangle \Sigma_2$ sse umas das seguintes condições vale:

a. O vértice de $G(\Gamma,\Omega)$ rotulado com e é um $\bot$-*vértice*; ou

b. O vértice de $G(\Gamma,\Omega)$ rotulado com f é um $\top$-*vértice*; ou

c. Existe um caminho em $G(\Gamma,\Omega)$ partindo do vértice rotulado com e para o vértice rotulado com f.

Um último exemplo encerra esta seção ilustrando como obter sistematicamente o conjunto de restrições do esquema mediado (revisado) *Sales/BN*, derivado informalmente no Passo C do Exemplo 4-1.

Exemplo 4-5 – Formalização do Passo C do. Exemplo 4-1

Seja Σ o conjunto normalizado de restrições do Exemplo 4-3 e Φ o conjunto normalizado de restrições do

Exemplo 4-4. A Figura 31 mostra o conjunto de restrições (não normalizadas) Γ que gera o ínfimo de Σ e Φ. Novamente os nomes das classes e propriedades foram abreviados para a primeira letra, ignorando-se os prefixos. As restrições em Γ são:

(1) $\exists\ t \sqsubseteq P$ normalizada como: $(\geq 1\ t) \sqsubseteq P$

(2) $\exists\ t^{-} \sqsubseteq S$ normalizada como: $(\geq 1\ t^{-}) \sqsubseteq S$

(3) $\exists\ c \sqsubseteq P$ normalizada como: $(\geq 1\ c) \sqsubseteq P$

(4) $\exists\ c^{-} \sqsubseteq S$ normalizada como: $(\geq 1\ c^{-}) \sqsubseteq S$

(5) $\exists\ c \sqsubseteq (\leq 1\ t)$ normalizada como: $(\geq 1\ c) \sqsubseteq \neg(\geq 2\ t)$

(6) $B \sqsubseteq P$

(7) $M \sqsubseteq P$

Considere o grafo $G(\Sigma)$ da Figura 32 e o grafo $G(\Phi)$ da Figura 33. A Figura 34 mostra os grafos representados em uma forma tabular. A representação dos arcos em uma tabela, em oposição à representação gráfica, é mais conveniente pois facilita a construção de $G^*(\Sigma)$ e $G^*(\Phi)$, os fechos transitivos dos grafos $G(\Sigma)$ e $G(\Phi)$.

As colunas (a) e (b) da Figura 34 mostram os arcos de $G^*(\Sigma)$ e $G^*(\Phi)$. Por exemplo, a linha 3 da Figura 34 coluna (a) indica que $G^*(\Sigma)$ possui um arco do vértice rotulado por B para os três vértices rotulados respectivamente por $(\geq 1\ c)$, P e $\neg M$. A coluna (c) da Figura 34 indica o conjunto Γ, construído sistematicamente como segue:

(8) As linhas 1, 7, 9 e 12 são descartadas pois elas correspondem a arcos em apenas um dos grafos, $G^*(\Sigma)$ ou $G^*(\Phi)$.

(9) As linhas 2 e 5 são descartadas pois elas possuem uma expressão negada do lado esquerdo da célula.

(10) As linhas 8 e 11 correspondem ao caso em que um dos arcos chega em um $\perp$-*vértice* (ver Definição 3(b)).

(11) As linhas 3, 4, 6 e 10 correspondem ao caso em que nenhum dos arcos sai ou chega a um $\perp$-*vértice* ou em um $\top$-*vértice* (ver Definição 3(d)).

O caso correspondente às linhas 2 e 5 merece um comentário adicional. Considere, por exemplo, a linha 5. Note que o par $(\neg S, \neg(\geq 1\ t^-))$ ocorre na linha 5 da Figura 34 nas colunas (a) e (b). Contudo, não é necessário adicionar $\neg S \sqsubseteq \neg(\geq 1\ t^-)\ \Gamma$ pois a linha 10 força a adição da restrição equivalente $(\geq 1\ t^-) \sqsubseteq S$.

Por fim, é necessário advertir o leitor que o exemplo não ilustra todos os casos da Definição 3 de Γ.

	(a) $G^*(\Sigma)$		(b) $G^*(\Phi)$		(c) Γ	
1	P	$\neg(\geq 2\ t)$				
2	$\neg P$	$\neg(\geq 1\ t)$ $\neg(\geq 2\ t)$ $\neg(\geq 1\ c)$ $\neg B$ $\neg M$	$\neg P$	$\neg(\geq 1\ t)$ $\neg B$ $\neg M$		
3	B	$(\geq 1\ c)$ P $\neg M$	B	P	B	P
4	M	$\neg B$ P $\neg(\geq 2\ t)$	M	P	M	P
5	$\neg S$	$\neg(\geq 1\ t^-)$ $\neg(\geq 1\ c^-)$	$\neg S$	$\neg(\geq 1\ t^-)$		
6	$(\geq 1\ t)$	P $\neg(\geq 2\ t)$	$(\geq 1\ t)$	P	$(\geq 1\ t)$	P
7	$\neg(\geq 1\ t)$	$\neg(\geq 2\ t)$				
8	$(\geq 1\ c)$	P $\neg(\geq 2\ t)$	$(\geq 1\ c)$	$\perp$	$(\geq 1\ c)$	P $\neg(\geq 2\ t)$
9	$\neg(\geq 1\ c)$	$\neg B$				
10	$(\geq 1\ t^-)$	S	$(\geq 1\ t^-)$	S	$(\geq 1\ t^-)$	S
11	$(\geq 1\ c^-)$	S	$(\geq 1\ c^-)$	$\perp$	$(\geq 1\ c^-)$	S
12			$\top$	$(\geq 1\ c)$ $\neg(\geq 1\ c)$		

Figura 34 – Construção de Γ que gera o ínfimo de Σ e Φ

4.3. Conclusões do capítulo

Neste capítulo foi endereçado o problema de mudar as restrições de um esquema mediado para acomodar o conjunto de restrições de um novo esquema exportado. Argumentou-se que este problema pode ser resolvido computando o ínfimo (g.l.b.) de dois conjuntos de restrições. A abordagem adotada para definir o ambiente de mediação é semelhante à idéia de visões exatas. No entanto, foi considerado que as restrições devem ser incluídas ao esquema mediado para capturar a semântica comum das fontes de dados.

O procedimento descrito explora essencialmente a estrutura do conjunto de restrições, capturada como um grafo. Estes resultados são novos e cobrem uma expressiva e útil família de restrições.

Os desenvolvimentos apresentados neste capítulo refletem uma estratégia que gera o vocabulário e as restrições do esquema mediado, de forma incremental, a partir das restrições dos esquemas importados, que por sua vez são derivadas a partir das restrições dos esquemas exportados. Uma estratégia alternativa seria fixar o esquema mediado e buscar acomodar as variações dos esquemas importados inteiramente nos mapeamentos. Esta segunda alternativa pode se beneficiar dos resultados teóricos básicos apresentados neste capítulo, mas exige novos desenvolvimentos para sintetizar de forma automática ou semi-automática os mapeamentos.