



Ana Carolina Brito de Almeida

Framework para apoiar a sintonia fina de banco de dados

Tese de Doutorado

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Informática.

Orientador: Prof. Sérgio Lifschitz

Rio de Janeiro
Setembro de 2013



Ana Carolina Brito de Almeida

**Framework para apoiar a sintonia fina de
banco de dados**

Tese apresentada ao Programa de Pós-graduação em Informática do Departamento de Informática do Centro Técnico Científico da PUC-Rio como requisito parcial para obtenção do título de Doutor em Informática. Aprovada pela Comissão Examinadora abaixo assinada.

Prof. Sérgio Lifschitz

Orientador

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Ângelo Roncalli Alencar Brayner

UNIFOR

Profa. Maria Luiza Machado Campos

UFRJ

Profa. Kate Cerqueira Revredo

UNIRIO

Prof. Daniel Schwabe

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. Edward Hermann Haeusler

Departamento de Informática – PUC-Rio

Prof. José Eugenio Leal

Coordenador Setorial do Centro

Técnico Científico – PUC-Rio

Rio de Janeiro, 13 de setembro de 2013

Todos os direitos reservados. É proibida a reprodução total ou parcial do trabalho sem autorização do autor, do orientador e da universidade.

Ana Carolina Brito de Almeida

Possui graduação em Bacharelado em Informática pela Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro (2003) e mestrado em Sistemas e Computação pelo Instituto Militar de Engenharia (2006). Atualmente é Analista de Banco de Dados do Centro de Pesquisa e Desenvolvimento Leopoldo Américo Miguêz de Mello. Tem experiência na área de Ciência da Computação, com ênfase em Metodologia e Técnicas da Computação. Atuando principalmente nos seguintes temas: Banco de dados Genômicos, Bioinformática, Sistema Multi-agentes.

Ficha Catalográfica

Almeida, Ana Carolina Brito de

Framework para apoiar a sintonia fina de banco de dados / Ana Carolina Brito de Almeida ; orientador: Sérgio Lifschitz. – 2013.

176f : Il. (color.) ; 30 cm

Tese (doutorado)–Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro, Departamento de Informática, 2013.

Inclui bibliografia

1. Informática – Teses. 2. Bancos de dados. 3. Sintonia fina. 4. Ontologia. I. Lifschitz, Sérgio . II. Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro. Departamento de Informática. III. Título.

CDD: 004

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, por ter permitido que eu chegasse até aqui e concluísse mais uma etapa em minha vida.

Ao meu pai (*In memorian*) que me apoiou até onde pôde, sempre se orgulhando de cada avanço meu.

A minha mãe e meu irmão que estão sempre presentes na minha vida garantindo apoio, dedicação, carinho, amor e amizade.

A minha família, aos meus amigos e aos meus professores que me ensinaram muitas coisas e tiveram paciência em lidar com minhas dificuldades.

Ao meu orientador Prof. Sérgio Lifschitz e ao Prof. Daniel Schwabe, que se mostraram muito mais do que professores e orientadores, sempre dispostos a incentivar os seus alunos, apresentar visões diferentes sobre os assuntos, atuando sempre com paciência no desenvolvimento e discussões da presente tese.

Aos professores Ângelo Brayner, Maria Luiza Campos, Edward Hermann, Antônio Furtado e Kate Revoredo por terem aceitado fazer parte da banca examinadora desta tese. O Prof. Ângelo que contribuiu formalmente com a proposta inicial da tese; Profa. Maria Luiza que me apoiou durante uma fase pessoal muito difícil da minha vida, enquanto eu cursava disciplinas do meu mestrado; Prof. Hermann que me auxiliou em momentos de dúvidas com ferramentas; Prof. Furtado que transmitiu seu conhecimento e experiência durante a disciplina que cursei. Em especial, um agradecimento a profa. Kate Revoredo, por me apoiar e incentivar sempre com palavras amigas durante a maior parte deste doutorado.

A todos os amigos que conquistei aqui na PUC-Rio, em especial os amigos: José Maria Monteiro, Maurício Henrique Bomfim, Carlos Juliano Viana, Cristian Tristão, Eduardo Morelli, Maíra Noronha e Marcos Salles.

Em especial para a minha amiga Juliana França e meu amigo Fabrício Nogueira da Silva pela compreensão que tiveram comigo quando mais precisei. Um imenso agradecimento ao meu primo Carlos Alexandre, formado em Letras pela UERJ, pela paciência em não só revisar a minha tese como também explicar cada correção realizada.

A Capes, ao CNPq e a PUC-Rio, pelo apoio financeiro concedido ao longo do curso.

A todos os funcionários e professores do departamento de Informática da PUC-Rio, meu agradecimento e admiração.

Resumo

Almeida, Ana Carolina Brito de; Lifschitz, Sérgio. **Framework para apoiar a sintonia fina de banco de dados**. Rio de Janeiro, 2013. 176p. Tese de Doutorado - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

Há uma crescente demanda por ferramentas que automatizem tarefas complexas relacionadas ao SGBD, tais como aquelas relacionadas às atividades de sintonia fina. Nestas ferramentas, existe uma falta de clareza sobre as decisões e as ações que são tomadas de forma automática. Essa tese propõe um *framework* para execução das heurísticas de sintonia fina para apoiar o DBA (e possivelmente outros usuários) nas escolhas envolvidas na atividade de sintonia fina. Esse trabalho de pesquisa inclui uma proposta de ontologia para a sintonia fina (automática ou não) que proporciona uma abordagem formal para decisões e inferências. A contribuição inovadora dessa abordagem é oferecer transparência e confiabilidade acerca das alternativas disponíveis para possíveis cenários no SGBD, por meio de justificativas concretas para as decisões que foram tomadas. Além disso, através do uso de uma ontologia específica, proporcionar a geração automática de novas práticas de sintonia fina, que podem ser obtidas a partir das práticas existentes (uso de inferências) ou de novas regras e conceitos que venham a surgir no futuro. Esta abordagem permite também a realização de combinações de heurísticas de sintonia fina em alto nível.

Palavras-chave

banco de dados; sintonia fina; ontologia

Abstract

Almeida, Ana Carolina Brito de; Lifschitz, Sérgio (Advisor). **Framework to support database tuning**. Rio de Janeiro, 2013. 176p. Thesis - Departamento de Informática, Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro.

There is a strong demand for automation of Database Management Systems (DBMS) tasks, as those related to self-management and self-tuning activities. However, whenever automatic decisions are made, there is also a lack of clearness about the considered decisions and actions. This thesis proposes a framework to support the DBA (and possibly other database users) on choices concerning tuning activities. This research work includes the proposal of an ontology for (autonomous or not) database tuning that enables a formal approach for decisions and inferences. The goals are to offer transparency and confidence on the available tuning alternatives with respect to the possible DBMS scenarios through a concrete justification about the decisions that are made. Moreover, new tuning practices may be obtained automatically as soon as new rules, concepts and practices are known. Finally, our approach enables an actual combination, at a high level of abstraction, of distinct database tuning strategies.

Keywords

database; tuning; ontology

Sumário

1	INTRODUÇÃO	14
1.1.	MOTIVAÇÃO	14
1.2.	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA	17
1.3.	OBJETIVO E ESCOPO DA TESE	18
1.4.	PRINCIPAIS CONTRIBUIÇÕES	21
1.5.	ESTRUTURA DA TESE	22
2	CONCEITOS BÁSICOS	23
2.1.	SINTONIA FINA DE BANCO DE DADOS	23
2.1.1.	PROCESSAMENTO DE CONSULTAS	23
2.1.2.	SINTONIA FINA	24
2.1.3.	SINTONIA FINA AUTOMÁTICA DE BANCO DE DADOS	26
2.1.4.	ESTRUTURAS DE ACESSO	28
2.1.5.	CLASSIFICAÇÃO DA ABRANGÊNCIA DA SINTONIA FINA	38
2.2.	ONTOLOGIA	40
2.2.1.	CLASSIFICAÇÃO DE ONTOLOGIAS	41
2.2.2.	METODOLOGIAS PARA CONSTRUÇÃO DE ONTOLOGIAS	44
2.3.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	45
3	ONTOLOGIA DE SINTONIA FINA DE BANCO DE DADOS	47
3.1.	METODOLOGIA	47
3.2.	ONTOLOGIA DE TAREFA	48
3.3.	INSTANCIAÇÃO DA ONTOLOGIA USADA NO <i>FRAMEWORK</i>	51
3.4.	ONTOLOGIA DE DOMÍNIO	59
3.5.	CONSIDERAÇÕES FINAIS	78
4	CENÁRIOS DE APLICAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i> E IMPLEMENTAÇÃO	80
4.1.	USANDO O <i>FRAMEWORK</i> PARA LEVANTAR ARGUMENTOS SOBRE DECISÃO DE SINTONIA FINA	80
4.1.1.	CENÁRIOS COM NECESSIDADE DE JUSTIFICAR DECISÕES DE SINTONIA FINA 84	
4.2.	COMBINAÇÃO DE REGRAS	113
4.2.1.	PASSO-A-PASSO PARA REALIZAR COMBINAÇÕES DE HEURÍSTICAS	114

4.2.2. EXEMPLO DE CENÁRIO DE COMBINAÇÃO DE REGRAS	116
4.3. IMPLEMENTAÇÃO DO <i>FRAMEWORK</i>	122
4.3.1. ARQUITETURA DO <i>FRAMEWORK</i>	122
4.3.2. MODELAGEM DO <i>FRAMEWORK</i>	124
4.3.3. RESTRIÇÕES TECNOLÓGICAS	129
4.4. CONSIDERAÇÕES FINAIS	135
5 TRABALHOS RELACIONADOS	137
5.1. FERRAMENTAS PARA SGBDs RELACIONAIS	138
5.2. FERRAMENTAS PARA SGBDs EM XML, RDF E ARMAZÉM DE DADOS.....	147
5.3. CONSIDERAÇÕES FINAIS	149
6 CONCLUSÃO.....	152
6.1. LIMITAÇÃO	154
6.2. CONTRIBUIÇÕES	154
6.3. TRABALHOS FUTUROS	156
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	159
ANEXO I.....	165
ANEXO II.....	176

Lista de figuras

FIGURA 2-1 EXEMPLO DE ESTRUTURA DE ÁRVORE B+ USADA POR UM SGBD RELACIONAL (BRUNO, 2011).....	33
FIGURA 2-2 EXEMPLO DE ESTRUTURA DE TABELA <i>HASH</i> USADA POR UM SGBD RELACIONAL (ELMASRI ET AL, 2011).....	34
FIGURA 2-3 EXEMPLO DE ESTRUTURA <i>BITMAP</i> (ELMASRI ET AL, 2011).....	35
FIGURA 3-1 ONTOLOGIA DE TAREFA - METAMODELO DO FRAMEWORK PARA EXECUÇÃO DE HEURÍSTICAS DE SINTONIA FINA DE BANCO DE DADOS.....	49
FIGURA 3-2 INSTANCIACÃO DA ONTOLOGIA DE TAREFA USADA NO <i>FRAMEWORK</i> – CONCEITO OBTIDO POR REGRA	52
FIGURA 3-3 REGRA <i>SWRL</i> PARA INSTANCIAR O CONCEITO TABELA	52
FIGURA 3-4 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DA CLASSE <i>FROM</i> , CHAMADA DE <i>FROM_1</i>	53
FIGURA 3-5 <i>SUBSTRING</i> POSTERIOR A PALAVRA <i>FROM</i>	53
FIGURA 3-6 RESULTADO DAS <i>SUBSTRINGS</i> DA FIGURA 3-5 DIVIDIDA POR VÍRGULA.....	53
FIGURA 3-7 VALORES ATRIBUÍDOS À VARIÁVEL <i>SUBNOME</i>	53
FIGURA 3-8 VALORES ATRIBUÍDOS À VARIÁVEL <i>SUBALIAS</i>	53
FIGURA 3-9 INDIVÍDUOS CRIADOS COM NOMES ALEATÓRIOS PARA CADA VARIÁVEL <i>SUBNOME</i>	54
FIGURA 3-10 ATRIBUIÇÃO DA PROPRIEDADE <i>TEMNOME</i> PARA OS NOVOS INDIVÍDUOS.....	54
FIGURA 3-11 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DO NOME DA TABELA	54
FIGURA 3-12 ATRIBUIÇÃO DA PROPRIEDADE <i>TEMALIAS</i> PARA OS NOVOS INDIVÍDUOS.....	54
FIGURA 3-13 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DO <i>ALIAS</i> DA TABELA	55
FIGURA 3-14 EXEMPLO DE CLASSIFICAÇÃO DA NOVA INSTÂNCIA DE TABELA	55
FIGURA 3-15 INSTANCIACÃO DA ONTOLOGIA DE TAREFA USADA NO <i>FRAMEWORK</i> – CONCEITO OBTIDO POR FUNÇÃO	56
FIGURA 3-16 EXEMPLO DE RECUPERAÇÃO DE PARÂMETROS DE ENTRADA DE FUNÇÕES.....	57
FIGURA 3-17 EXEMPLO DE FUNÇÃO USADA PARA OBTER CONCEITO DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO	57
FIGURA 3-18 INSTANCIACÃO DA ONTOLOGIA DE TAREFA USADA NO <i>FRAMEWORK</i> – REGRAS E AÇÕES DEFINIDAS POR HEURÍSTICA	58
FIGURA 3-19 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – SGBD E COMANDO <i>DML</i>	60
FIGURA 3-20 CLASSIFICAÇÃO SOBRE DISJUNÇÕES DA CLASSE “CONSULTA”	62

FIGURA 3-21 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DE COMANDO DML	62
FIGURA 3-22 EXEMPLO DE REGRA DE INFERÊNCIA PARA COMANDOS DE CONSULTA	63
FIGURA 3-23 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – COMANDO DML E CLÁUSULA	64
FIGURA 3-24 REGRA PARA EXTRAIR A DESCRIÇÃO DA CLÁUSULA WHERE A PARTIR DA DESCRIÇÃO DO COMANDO DML	65
FIGURA 3-25 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – CLÁUSULA WHERE, EXPRESSÃO DE PREDICADO, <i>TOKEN</i> E COLUNA	66
FIGURA 3-26 EXEMPLO DE INSTÂNCIAS DE EXPRESSÕES DE PREDICADO.....	67
FIGURA 3-27 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – CLÁUSULA E OBJETO SGBD.....	68
FIGURA 3-28 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – PLANO DE EXECUÇÃO E TIPO DE VARREDURA	70
FIGURA 3-29 EXEMPLO DE FÓRMULA PARA CALCULAR CUSTO DE ATUALIZAÇÃO DE UM ÍNDICE	71
FIGURA 3-30 EXEMPLO DE FÓRMULA PARA CALCULAR CUSTO DE CRIAÇÃO DE UM ÍNDICE.....	72
FIGURA 3-31 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – ESTRUTURA DE ACESSO E ESTRUTURA DE DADOS	73
FIGURA 3-32 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – COMANDO DML, ÍNDICE E COLUNA....	76
FIGURA 3-33 ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – COMANDO DDL, TABELA E ESTRUTURA DE ACESSO	78
FIGURA 4-1 ESQUEMA DO TPC-C (TPC, 2013) (SALLES, 2004).....	83
FIGURA 4-2 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DE CONDIÇÃO DE REGRA DA HEURÍSTICA HEICL DEFINIDA NO <i>FRAMEWORK</i>	85
FIGURA 4-3 EXEMPLO DE INSTÂNCIA DE AÇÃO DE REGRA DA HEURÍSTICA HEICL DEFINIDA NO <i>FRAMEWORK</i>	86
FIGURA 4-4 SUBCONJUNTO DA ONTOLOGIA – CONSULTA DE COMANDOS DML QUE ORIGINARAM ÍNDICE	89
FIGURA 4-5 CONSULTA SQWRL PARA OBTER COMANDOS DML QUE ORIGINARAM ÍNDICE REAL	90
FIGURA 4-6 SEQUÊNCIA DE COMANDOS QUE ORIGINARAM AÇÃO DE SINTONIA FINA.....	90
FIGURA 4-7 CONSULTA PARA OBTER HEURÍSTICAS COM REGRAS ATIVAS NA ONTOLOGIA DE APLICAÇÃO.....	91
FIGURA 4-8 SUBCONJUNTO DA ONTOLOGIA DE TAREFA (METAMODELO DO <i>FRAMEWORK</i>) – BUSCA DA ORIGEM DA AÇÃO	92
FIGURA 4-9 CONSULTA SQWRL PARA OBTER O NOME DO ÍNDICE HIPOTÉTICO QUE GEROU O ÍNDICE REAL	93
FIGURA 4-10 DESCRIÇÃO DA AÇÃO GERADA PELA HEURÍSTICA HEICL.....	93
FIGURA 4-11 CONSULTA PARA OBTER A CONDIÇÃO DE REGRA QUE GEROU DETERMINADO ÍNDICE HIPOTÉTICO	94

FIGURA 4-12 CONDIÇÃO DE REGRA QUE ORIGINOU O COMANDO (A) DA FIGURA 4-6	94
FIGURA 4-13 INSTÂNCIA DE COMANDO DML, WHERE E EXPRESSÃO PREDICADO – ONTOLOGIA DE DOMÍNIO	95
FIGURA 4-14 OBJETOS DE EXPRESSÃO CONSIDERADOS NA REGRA DA FIGURA 4-12	96
FIGURA 4-15 AÇÃO DERIVADA DA CONDIÇÃO DE REGRA DESCRITA NA FIGURA 4-12	96
FIGURA 4-16 INSTÂNCIAS DOS RELACIONAMENTOS DO ÍNDICE HIPOTÉTICO.....	97
FIGURA 4-17 POSSÍVEL COMANDO DML QUE PODERIA TER ORIGINADO O ÍNDICE REAL RI_CUSTOMER_0_1_2.....	97
FIGURA 4-18 CONSULTA SQWRL PARA OBTER ÍNDICES HIPOTÉTICOS PENSADOS PARA UM DETERMINADO COMANDO DML	98
FIGURA 4-19 CONSULTA SQWRL PARA VERIFICAR QUAL ÍNDICE FOI CONSIDERADO BENÉFICO PARA DETERMINADO COMANDO DML.....	100
FIGURA 4-20 CONSULTA SQWRL PARA OBTER COMANDOS DML QUE REFERENCIAM DETERMINADA TABELA DA BASE DE DADOS	102
FIGURA 4-21 EXEMPLO DE CONSULTA DA CARGA DE TRABALHO QUE REFERENCIA A TABELA WAREHOUSE	103
FIGURA 4-22 SUBCONJUNTO DA ONTOLOGIA DE DOMÍNIO – RELACIONAMENTO ENTRE COMANDO DML, PLANO DE EXECUÇÃO E TIPO DE VARREDURA.....	104
FIGURA 4-23 CONSULTA SQWRL PARA OBTER TIPO DE VARREDURA USADA EM PLANO HIPOTÉTICO GERADO PARA DETERMINADO COMANDO DML.....	104
FIGURA 4-24 CONSULTA SQWRL PARA BUSCAR COMANDOS DML DO TIPO ATUALIZAÇÃO QUE SE BENEFICIARIAM DE UM DETERMINADO ÍNDICE	105
FIGURA 4-25 EXEMPLO DE RESULTADO DA CONSULTA DA FIGURA 4-24	106
FIGURA 4-26 CONSULTA FREQUENTE NA CARGA DE TRABALHO, DEFINIDA SOBRE A TABELA STOCK	107
FIGURA 4-27 COMANDO DE ATUALIZAÇÃO SOBRE A TABELA STOCK, PRESENTE NA CARGA DE TRABALHO.....	108
FIGURA 4-28 CONSULTA ANALISADA PELO FRAMEWORK.....	110
FIGURA 4-29 PLANO DE EXECUÇÃO APÓS AÇÕES DE SINTONIA FINA DE HEIC-A	111
FIGURA 4-30 PLANO DE EXECUÇÃO APÓS AÇÕES DE SINTONIA FINA DE HEIC-B	111
FIGURA 4-31 CONSULTA PARA OBTER AS CONDIÇÕES DE REGRAS QUE GERARAM OS ÍNDICES HIPOTÉTICOS.....	112
FIGURA 4-32 CONSULTA PARA OBTER AS INFORMAÇÕES DOS ÍNDICES.....	112
FIGURA 4-33 CONSULTA IDENTIFICADA POR HBM COMO BENÉFICA PARA ÍNDICE HI_L_NEW_ORDER_1_2.....	121

FIGURA 4-34 CONSULTA IDENTIFICADA POR HBM COMO BENÉFICA PARA ÍNDICE HI_B_NEW_ORDER_0_2_1	121
FIGURA 4-35 ARQUITETURA DO <i>FRAMEWORK</i>	123
FIGURA 4-36 DIAGRAMA DE CASOS DE USO DO <i>FRAMEWORK</i>	125
FIGURA 4-37 DIAGRAMA DE CLASSES DO <i>FRAMEWORK</i>	127
FIGURA 4-38 DIAGRAMA DE SEQUÊNCIA – EXECUTAR HEURÍSTICA AUTOMATICAMENTE.....	128
FIGURA 4-39 REGRA SWRL PARA CRIAÇÃO DE ÍNDICE REAL DA HEURÍSTICA HBM	132
FIGURA 4-40 REGRA DL PARA CRIAÇÃO DE ÍNDICE REAL DA HEURÍSTICA HBM	133
FIGURA 4-41 REGRA SWRL PARA REMOÇÃO DE ÍNDICE REAL DA HEURÍSTICA HBM	133
FIGURA 4-42 REGRA DL PARA REMOÇÃO DE ÍNDICE REAL DA HEURÍSTICA HBM	134
FIGURA 5-1 EXEMPLO DE RELATÓRIO GERADO PELA FERRAMENTA ADDM.....	138
FIGURA 5-2 EXEMPLO DE USO DE VARIÁVEL <i>BIND</i>	138
FIGURA 5-3 EXEMPLO DE USO DE LITERAL.....	139
FIGURA 5-4 SAÍDA DA FERRAMENTA ORACLE TUNING ADVISOR.....	140

Lista de tabelas

TABELA 4-1 DEFINIÇÃO DAS COLUNAS DA TABELA CUSTOMER – TPC-C	87
TABELA 4-2 ÍNDICES HIPOTÉTICOS PENSADOS PARA O COMANDO DML DA FIGURA 4-17	99
TABELA 4-3 CONFIGURAÇÃO SUGERIDA POR UM DBA CONTRATADO PARA REALIZAR A SINTONIA FINA DO BANCO DE DADOS DE UMA EMPRESA DE VENDAS.....	101
TABELA 4-4 DESCRIÇÃO DAS COLUNAS DA TABELA <i>WAREHOUSE</i> DO TPC-C ..	102
TABELA 4-5 ÍNDICES HIPOTÉTICOS PENSADOS PELA HEURÍSTICA HEICL PARA A TABELA <i>WAREHOUSE</i> DO TPC-C	103
TABELA 4-6 DESCRIÇÃO DAS COLUNAS DA TABELA <i>STOCK</i> DO TPC-C	107
TABELA 4-7 POSSÍVEIS SOLUÇÕES DE ÍNDICES PARA A CONSULTA DESCRITA NA FIGURA 4-26	109
TABELA 4-8 LISTA DE COLUNAS DA TABELA EMPREGADO.....	110
TABELA 4-9 INFORMAÇÕES DOS ÍNDICES HIPOTÉTICOS CRIADOS POR HEIC-A	113
TABELA 4-10 INFORMAÇÕES DOS ÍNDICES HIPOTÉTICOS CRIADOS POR HEIC-B	113
TABELA 4-11 CONCEITOS USADOS COMO PRÉ-CONDIÇÕES PARA HEICL E HEICB.....	117
TABELA 4-12 ÍNDICES SELECIONADOS POR HCB DIANTE DO CONJUNTO DE ÍNDICES HIPOTÉTICOS CRIADOS PELA COMBINAÇÃO DE HEICL E HEICB.....	119
TABELA 4-13 ÍNDICES HIPOTÉTICOS CRIADOS PELA COMBINAÇÃO DE HEICL E HEICB	121
TABELA 5-1 RESUMO COMPARATIVO DE FERRAMENTAS DE SINTONIA FINA.....	150