

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



**ARCABOUÇO CONCEITUAL PARA COMPUTAÇÃO
RECONFIGURÁVEL**

DIEGO NUNES MOLINOS

Uberlândia - Minas Gerais

2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO



DIEGO NUNES MOLINOS

ARCABOUÇO CONCEITUAL PARA COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

Dissertação de Mestrado apresentada à Faculdade de Computação da Universidade Federal de Uberlândia, Minas Gerais, como parte dos requisitos exigidos para obtenção do título de Mestre em Ciência da Computação.

Área de concentração: Sistemas de Computação.

Orientador:

Prof. Dr. Daniel Gomes Mesquita

Uberlândia, Minas Gerais
2013

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Os abaixo assinados, por meio deste, certificam que leram e recomendam para a Faculdade de Computação a aceitação da dissertação intitulada “**Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável**” por **Diego Nunes Molinos** como parte dos requisitos exigidos para a obtenção do título de **Mestre em Ciência da Computação**.

Uberlândia, 21 de Agosto de 2013

Orientador:

Prof. Dr. Daniel Gomes Mesquita
Universidade Federal de Uberlândia

Banca Examinadora:

Prof. Dr. Daniel Duarte Abdala
UFU-MG

Prof. Dr. Vanderlei Bonato
ICMC USP-SC

UNIVERSIDADE FEDERAL DE UBERLÂNDIA
FACULDADE DE COMPUTAÇÃO
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DA COMPUTAÇÃO

Data: 21 de Agosto de 2013

Autor: **Diego Nunes Molinos**
Título: **Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável**
Faculdade: **Faculdade de Computação**
Grau: **Mestrado**

Fica garantido à Universidade Federal de Uberlândia o direito de circulação e impressão de cópias deste documento para propósitos exclusivamente acadêmicos, desde que o autor seja devidamente informado.

Autor

O AUTOR RESERVA PARA SI QUALQUER OUTRO DIREITO DE PUBLICAÇÃO DESTE DOCUMENTO, NÃO PODENDO O MESMO SER IMPRESSO OU REPRODUZIDO, SEJA NA TOTALIDADE OU EM PARTES, SEM A PERMISSÃO ESCRITA DO AUTOR.

©Todos os direitos reservados a Diego Nunes Molinos

Agradecimentos

Em primeiro lugar a Deus, por permitir a maior dádiva de todas, a vida. Que permitiu que eu pudesse sonhar, acreditar e muitas vezes errar. Mais acima de tudo, sempre dando-me forças para levantar e seguir em frente.

A minha família pelo incondicional apoio durante toda minha caminhada. Um agradecimento especial a meu querido pai, que me ensinou o real sentido da palavra AMOR e por servir de inspiração para minha vida, mesmo em espírito. A minha querida mãe, por deixar seus sonhos de lado para que eu pudesse realizar os meus.

A minha noiva Radharani pelo apoio nas horas difíceis, estando sempre ao meu lado em todos os momentos. Em especial, por entender e aceitar os nossos poucos momentos de diversão.

Ao meu orientador e amigo Prof. Dr. Daniel Gomes Mesquita, pela oportunidade e credibilidade a mim confiada. Um agradecimento especial pela constante orientação e as exigências que me levaram a acreditar que ciência de verdade pode ser feita.

Ao Prof. Lúcio Borges de Araújo, pela ajuda efetiva na pesquisa e pela constante prestatividade. Todos os professores da FACOM que, indiretamente tiveram contribuição significativa em meu crescimento.

Aos companheiros e irmãos de batalha que estiveram presentes nos momentos de cooperação, estudo, diversão e que não nos deixaram desistir nos momentos de aflição e desespero. Um agradecimento especial aos amigos Rômerson e Taffarel pela ajuda, carinho e paciência. Aos colegas de laboratório Geicy, Hiran, Élder, Newarney, Juliete, Joicy, Cris, Rafael, Cléber, Alex, Maurício, Miguel (Mimi), Luciane e Fabíola.

A CAPES pelo apoio financeiro.

"Todo o futuro da nossa espécie, todo o governo das sociedades, toda a prosperidade moral e material das nações dependem da ciência, como a vida do homem depende do ar. Ora, a ciência é toda observação, toda exatidão, toda verificação experimental.

Perceber os fenômenos, discernir as relações, comparar as analogias e as dessemelhanças, classificar as realidades, e induzir as leis, eis a ciência; eis, portanto, o alvo que a educação deve ter em mira. Espertar na inteligência nascente as faculdades cujo concurso se requer nesses processos de descobrir e assimilar a verdade."

Rui Barbosa

Resumo

A computação vem ao longo dos anos direcionando uma mudança radical no perfil profissional e pessoal de seus usuários. Nos últimos anos pode ser observado um crescente aumento de sua utilização como ferramenta auxiliar para resolver problemas. Problemas que são cada vez mais frequentes, nas diferentes áreas do conhecimento.

Quando os requisitos de uma aplicação excedem a capacidade das soluções utilizadas, novos modelos de soluções são desenvolvidos para atender a demanda de complexidade. A computação reconfigurável surgiu como um modelo de solução computacional que integra o desempenho do hardware fixo com a flexibilidade do software, unindo o melhor dos dois paradigmas.

A computação reconfigurável uma área relativamente nova e promissora, onde os principais conceitos e componentes que estiveram presentes desde a sua fundamentação teórica, ainda se mantém como base para a evolução do conhecimento na área. Alguns destes conceitos são mais antigos e outros mais recentes, que surgem em razão da necessidade de uma melhor compreensão do campo de estudo.

Atualmente tem-se observado que alguns conceitos que envolvem a computação reconfigurável vem sendo aplicados de forma errônea, em outras ocasiões, não explorando todas suas características. Essa falta de clareza na utilização dos conceitos prejudica a evolução do campo de estudo, contribuindo para o empobrecimento da área, principalmente para os alunos e pesquisadores em fase inicial de aprendizado, que buscam através desses trabalhos a consistência teórica.

De fato uma discussão conceitual dentro de qualquer campo de estudo, sempre apresenta importância significativa para a área de estudo. dessa forma o arcabouço conceitual proposto neste trabalho, objetiva identificar e apresentar as definições conceituais que envolvem o campo da computação reconfigurável, bem como suas relações. Dentro deste arcabouço é proposto um modelo organizacional dos conceitos para a computação reconfigurável, um mapa conceitual, onde todas as informações são validadas através de consenso de opinião de diversos especialistas da área.

Ademais, esse arcabouço tem por finalidade servir de ferramenta auxiliar para o aprendizado da computação reconfigurável, auxiliando em algumas definições metodológicas de pesquisa bem como o acréscimo de conhecimento teórico.

Palavras chave: Arcabouço conceitual, Computação reconfigurável, Hardware reconfigurável, Dispositivo reconfigurável, Sistemas reconfiguráveis, FPGA, ASIC, Conceitos, Conceituação.

Abstract

The computing has over the years directing a radical change in the professional profile and personal of their users. In recent years can be seen, a growing increase of computing use as an auxiliary tool to solve problems. Problems that are increasingly common in different areas of knowledge.

When the requirements of an application exceeds the capacity of the used solutions, new ways of solutions are developed to satisfy the demands of complexity. The reconfigurable computing has emerged as a computational solution model that integrate the fixed hardware performance together with the software flexibility, uniting the best of both paradigms.

The reconfigurable computing is a field relatively new and promising, where the main concepts and components that were present since its theoretical basis, still stands as the basis for the evolution of knowledge inside the area. Some of these concepts are older than other and those newer ones that arise due to the need for better understanding of the study field.

Currently has been noticed in the published articles that some concepts involving reconfigurable computing field are being applied wrongly, on in other occasions, without exploit all their features. This lack of clarity in the use of concepts, affect the development of the study field and contribute to the impoverishment of the area, affecting especially students and researchers in early stages of learning, that seeking through those articles a theoretical consistency.

Indeed, a conceptual discussion within of any study field, always has a significant importance for the any area. The conceptual framework proposed in this paper, aims to identify and present the conceptual definitions involving the reconfigurable computing field, as well as their conceptual relationships. Within this framework we propose a organization model of concepts for reconfigurable computing, a concept map and all of the information is validated among a opinion consensus of several reconfigurable computing specialists.

Moreover, this framework is intended to serve as a helper tool to the learning of reconfigurable computing, aiding in some methodological requirements as well as the increase of theoretical knowledge.

Keywords: Conceptual framework, Reconfigurable computing, Reconfigurable hardware, Reconfigurable device, Reconfigurable system, FPGA, ASIC, Concept, Conceptualization.

Sumário

Lista de Figuras	xvii
Lista de Tabelas	xxi
Lista de Abreviaturas e Siglas	xxiii
1 Introdução	25
2 Fundamentação Teórica	31
2.1 Bases para o arcabouço conceitual	31
2.1.1 Conceitos e Conceituação	31
2.1.2 Computação Reconfigurável	33
2.1.3 Arcabouço Conceitual	39
2.2 Trabalhos Relacionados	42
2.2.1 Computação Reconfigurável: Conceitos, Ferramentas e Técnicas	42
2.2.2 Taxonomias para Computação Reconfigurável	50
2.2.3 Avaliação experimental	54
2.3 Conclusão do Capítulo	56
3 Método de Pesquisa	57
3.1 Coleta e Análise de Dados	58
3.1.1 Preparação para a coleta de dados	59
3.1.2 Coleta e Registro	71
3.1.3 Análise qualitativa	74
3.2 Desenvolvimento	80
3.2.1 Desconstrução e Categorização dos Conceitos	80
3.2.2 Integração e Sintetização dos Conceitos	81
3.2.3 Reavaliação das Taxonomias	82
3.2.4 Avaliação da parte experimental das amostras	84

3.2.5	Desenvolvimento do Arcabouço Conceitual	85
3.3	Validação do Arcabouço Conceitual	86
3.3.1	Sistema de Validação	86
3.4	Resumo do Método	90
4	Análise e Resultados	91
4.1	Análise e Resultados - Abordagem quantitativa e qualitativa	91
4.1.1	Análise e resultados mensuráveis do universo de amostras	92
4.2	Análise e Resultados do Questionário de pesquisa	104
4.3	Considerações sobre o questionário de pesquisa	134
4.4	Arcabouço Conceitual	135
5	Considerações Finais	137
	Referências	139
A		145

Lista de Figuras

1.1	Comparação entre FPGA, Microprocessadores e ASIC's com relação a desempenho e flexibilidade.	26
2.1	Triângulo Conceitual proposto por Dahlberg	32
2.2	Estrutura Básica de um FPGA	35
2.3	Estrutura Básica de roteamento de um FPGA	36
2.4	Diferentes níveis de acoplagem em um sistema reconfigurável	38
2.5	Relação entre os principais fatores do arcabouço conceitual	40
2.6	Mapa Conceitual abordagem Scott Hauck e André Dehon	44
2.7	Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem dos autores Scott Hauck e André Dehon (Parte 1/2)	45
2.8	Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem dos autores Scott Hauck e André Dehon (Parte 2/2)	46
2.9	Mapa Conceitual abordagem Moreno	47
2.10	Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem do autor Edward Moreno (Parte 1/2)	48
2.11	Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos da abordagem do autor Edward Moreno (Parte 2/2)	49
2.12	Mapa Conceitual abordagem Rose	50
2.13	Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos da abordagem do autor Jonathan Rose	51
2.14	Critérios de Classificação	52
2.15	Descrição dos Critérios de Classificação da Taxonomia Olimpo	52
3.1	fluxograma contendo as etapas para construção do conhecimento	58
3.2	Descrição da utilização dos princípios de coleta e análise de dados	59
3.3	Divisão das zonas de ocorrência de palavras	63
3.4	Cálculos bibliometricos realizados sobre o trabalho	64

3.5	Cálculos bibliométricos realizados sobre o trabalho	65
3.6	Cálculos bibliométricos realizados sobre o trabalho	66
3.7	Número de Publicações nos principais veículos de divulgação	69
3.8	Proporcionalidade da amostra com relação aos estratos	72
3.9	Protocolo de Análise	73
3.10	Estrutura dos trabalhos científicos publicados	75
3.11	Descrição das informações observadas na Análise Textual	77
3.12	Descrição das informações observadas na Análise Textual	78
3.13	Descrição das informações observadas na Análise Textual	79
3.14	Principais componentes dos conceitos: Arquiteturas reconfiguráveis, Sistemas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis	81
3.15	Processo de desconstrução da definição	81
3.16	Processo de integração e sintetização da nova definição	82
3.17	Descrição das características e critérios observados para reavaliação das taxonomias	83
3.18	Contribuição do arcabouço conceitual para computação reconfigurável	85
3.19	Modelo de aplicação do método Delphi	87
3.20	Resumo do modelo de aplicação do método Delphi adotado nesta pesquisa	89
3.21	Descrição dos critérios de validade do constructo e os métodos utilizados na pesquisa	89
4.1	Gráfico de dispersão dos trabalhos publicados em relação aos anos	92
4.2	Número de definições passíveis de observação em relação ao número de trabalhos analisados	93
4.3	Diagrama de intersecção conceitual	93
4.4	Número de trabalhos que possuem <i>reconfigurable</i> no título	94
4.5	Aspectos da taxonomia OLIMPO atualizada e ilustrada utilizando diagrama de árvore	96
4.6	Evolução dos sistemas reconfiguráveis	98
4.7	Dispersão do percentual de trabalho com relação o percentual de páginas da parte experimental	102
4.8	Principais áreas de aplicação da computação reconfigurável	103
4.9	Questão 1 - Parte 1/4	113
4.10	Questão 2 - Parte 1/4	113
4.11	Questão 3 - Parte 1/4	113
4.12	Questão 4 - Parte 1/4	114
4.13	Questão 5 - Parte 1/4	114
4.14	Questão 6 - Parte 1/4	114
4.15	Questão 7 - Parte 1/4	115

4.16	Questão 8 - Parte 1/4	115
4.17	Questão 9 - Parte 1/4	115
4.18	Questão 10 - Parte 1/4	116
4.19	Questão 1 - Parte 2/4	117
4.20	Questão 2 - Parte 2/4	117
4.21	Questão 3 - Parte 2/4	117
4.22	Questão 4 - Parte 2/4	118
4.23	Questão 5 - Parte 2/4	118
4.24	Questão 6 - Parte 2/4	118
4.25	Questão 7 - Parte 2/4	119
4.26	Questão 8 - Parte 2/4	119
4.27	Questão 9 - Parte 2/4	119
4.28	Questão 10 - Parte 2/4	120
4.29	Questão 1 - Parte 3/4	121
4.30	Questão 2 - Parte 3/4	121
4.31	Questão 3 - Parte 3/4	121
4.32	Questão 4 - Parte 3/4	122
4.33	Questão 5 - Parte 3/4	122
4.34	Questão 6 - Parte 3/4	122
4.35	Questão 7 - Parte 3/4	123
4.36	Questão 8 - Parte 3/4	123
4.37	Questão 9 - Parte 3/4	123
4.38	Questão 10 - Parte 3/4	124
4.39	Questão 1 - Parte 4/4	125
4.40	Questão 2 - Parte 4/4	125
4.41	Questão 3 - Parte 4/4	125
4.42	Questão 4 - Parte 4/4	126
4.43	Questão 5 - Parte 4/4	126
4.44	Questão 6 - Parte 4/4	126
4.45	Questão 7 - Parte 4/4	127
4.46	Questão 8 - Parte 4/4	127
4.47	Questão 9 - Parte 4/4	127
4.48	Questão 10 - Parte 4/4	128
4.49	Questão 11 - Parte 4/4	128
4.50	Questão 12 - Parte 4/4	128
4.51	Questão 13 - Parte 4/4	129
4.52	Questão 14 - Parte 4/4	129
4.53	Questão 15 - Parte 4/4	129
4.54	Questão 16 - Parte 4/4	130

4.55	Questão 17 - Parte 4/4	130
4.56	Questão 18 - Parte 4/4	130
4.57	Questão 19 - Parte 4/4	131
4.58	Questão 20 - Parte 4/4	131
4.59	Questão 21 - Parte 4/4	131
4.60	Questão 22 - Parte 4/4	132
4.61	Questão 23 - Parte 4/4	132
4.62	Questão 24 - Parte 4/4	132
4.63	Questão 25 - Parte 4/4	133

Lista de Tabelas

2.1	Tecnologia de programação de dispositivos reconfiguráveis	37
2.2	Análise Sistemas reconfiguráveis	39
3.1	Número de publicações selecionados pela ferramenta online	60
3.2	Veículos de publicações utilizados (Revistas)	68
3.3	Veículos de publicações utilizados (Conferências)	68
3.4	Valores críticos associados ao grau de confiança na amostra	69
4.1	Reavaliação das características metas para utilização de arquiteturas re- configuráveis	94
4.2	Reavaliação das características granularidade	95
4.3	Reavaliação das características de reconfigurabilidade	97
4.4	Reavaliação das características de reconfigurabilidade	97
4.5	Análise Sistemas reconfiguráveis	99
4.6	Análise quantitativa com relação as classes organizacionais	100
4.7	Percentual de trabalhos com relação ao percentual de páginas da parte experimental	101
4.8	Percentual de trabalhos com relação ao percentual de páginas da parte experimental - Classe Modelagem	101

Lista de Abreviaturas e Siglas

ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i>
CLB	<i>Control Logic Block</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
E/S	<i>Entrada e Saída</i>
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>
LUT	<i>Look-up Tables</i>
PLD	<i>Programmable Logic Device</i>
PLA	<i>Programmable Logic Array</i>
PAL	<i>Programmable Array Logic</i>
ROM	<i>Read Only Memory</i>
RPC	<i>Remote Procedure Calls</i>
PROM	<i>Programmable Read Only Memory</i>
SoC	<i>System on Chip</i>
VHDL	<i>Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language</i>
IJRC	<i>(International Journal of Reconfigurable Computing)</i>
TRETS	<i>(Transactions on Reconfigurable Technology and Systems)</i>
DATE	<i>(Design, Automation and Test in Europe Conference and Exhibition)</i>
FCCM	<i>(Field-Programmable Custom Computing Machines)</i>
FPL	<i>(Field Programmable Logic and Applications)</i>
RECONFIG	<i>(Reconfigurable Computing and FPGAs)</i>
FPT	<i>(Field-Programmable Technology)</i>
FPGA	<i>(International Symposium on Field Programmable Gate Arrays)</i>
DAC	<i>(Design Automation Conference)</i>

Introdução

A computação vem ao longo dos anos direcionando uma mudança radical no perfil profissional e pessoal de seus usuários. Nos últimos anos pode ser observado um crescente aumento da utilização da computação como ferramenta auxiliar para resolver problemas. Problemas que são cada vez mais frequentes, nas diferentes áreas do conhecimento.

Conforme (Moreno *et al.*, 2005) atualmente em quase todas as áreas do conhecimento, principalmente nas relacionadas às ciências exatas e engenharias, observa-se a existência de uma grande quantidade de problemas que são complexos e as soluções computacionais utilizadas para resolver grande parte desses problemas, praticamente demandam sempre um grande volume de armazenamento de informações e alta capacidade de processamento.

Grande parte das soluções computacionais implementadas para uma extensa gama de aplicações, empregam computadores convencionais, os quais possuem processadores de propósito geral e são largamente aplicados, devido a alto grau de flexibilidade da plataforma. Conforme (Mesquita, 2002) essa flexibilidade é obtida através de atualizações de software, sendo limitada somente à parte programável dos sistemas.

Considerando aplicações específicas ou de alta intensidade, computadores de propósito geral oferecem poucas possibilidades de otimização, não são capazes de garantir o melhor desempenho devido aos processadores apresentarem uma arquitetura estática e um fixo conjunto de instruções.

Conforme (Candido, 2009) Carl Anderson pesquisador da IBM afirma que investimentos para o desenvolvimento novas tecnologias de processadores devem ser feitos e que os engenheiros hoje, devem prover e desenvolver soluções que exijam cada vez menos recursos dos processadores, como por exemplo, soluções com sub-sistemas embarcados e

aceleradores integrados a unidade central de processamento (CPU) ¹.

Em função de diversos outros problemas, tais como: falta de desempenho, tempo de reposta, eficiência, disponibilidade e tolerância a falhas, pode-se observar o surgimento de novos modelos ou estilos de computação para suportar a demanda atual de soluções computacionais. Dentro desse contexto a computação reconfigurável aparece como uma solução intermediária entre flexibilidade e o desempenho, unindo o melhor do paradigma de software e hardware.

A flexibilidade dos microprocessadores está completamente concentrada na parte de software. A execução de processos distintos sobre a mesma plataforma de hardware, utilizando uma arquitetura estática e um conjunto fixo de instruções através de um controle de dados temporal são os grandes fatores que comprometem o desempenho da solução e favorecem a flexibilidade. Por outro lado, o desempenho do hardware fixo deixa muito a desejar com relação a flexibilidade. Toda a arquitetura é construída para explorar o máximo dos recursos de hardware sem a característica de ser reprogramável.

A figura 1.1 ilustra visualmente a localização dos dispositivos reconfiguráveis com relação a microprocessadores e dispositivos de aplicações específicas (ASIC's)² observando requisitos de flexibilidade e desempenho. Os dispositivos reconfiguráveis estão distantes de oferecerem um grau de flexibilidade igual ou similar aos dos microprocessadores ou de alcançar o desempenho dos dispositivos de hardware fixo, porém, busca-se uma ponderação entre esses requisitos, agregando um pouco do que cada paradigma oferece.

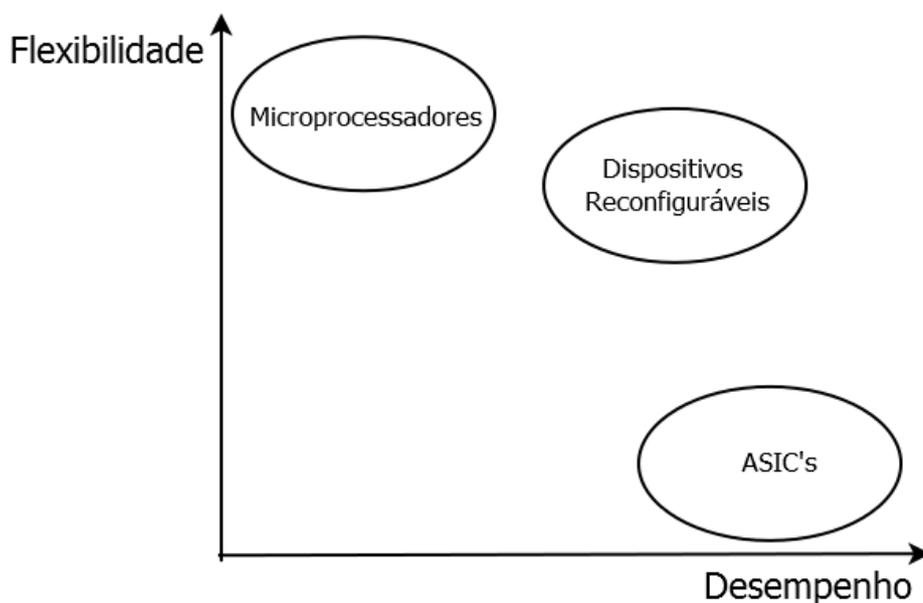


Figura 1.1: Comparação entre FPGA, Microprocessadores e ASIC's com relação a desempenho e flexibilidade.

A computação reconfigurável teve seu início por volta de 1960, através da utilização de dispositivos programáveis. Os dispositivos na época possuíam uma matriz de células

¹Do inglês *Central Processing Unit*.

²Do inglês *Application Specific Integrated Circuit*.

lógicas e podiam ser configuradas através de fusíveis, essa tecnologia permitia que os dispositivos pudessem ser configurados somente uma única vez, devido a estrutura dos fusíveis. Com o avanço tecnológico da época, os dispositivos programáveis foram sofrendo algumas alterações, principalmente com relação a tecnologia de programação das células lógicas. A utilização de memórias somente de leitura (ROM)³, memórias programáveis de somente leitura (PROM)⁴, memórias programáveis e apagáveis (EEPROM)⁵ e memórias *flash* proporcionaram uma nova forma de implementar as funções lógicas, permitindo uma redução do circuito e maior flexibilidade pós fabricação.

Conforme a tecnologia de programação dos dispositivos programáveis foram evoluindo, a computação reconfigurável foi se tornando cada vez mais atrativa e promissora. Existe hoje diversos tipos de dispositivos reconfiguráveis, que são configurados de diversas formas diferentes, os mais utilizados são os consagrados FPGA's⁶

Apesar de existir trabalhos e estudos utilizando FPGA's desde 1980 (Mesquita, 2002), (Rose *et al.*, 2008) e (Moreno *et al.*, 2005), a computação reconfigurável é um área de estudo relativamente nova, comparada com outras áreas científicas. Sua fundamentação conceitual teve seu ápice no final da década de 90 e início de 2000, onde pode-se listar como principais trabalhos as obras de (Hauck e DeHon, 2010), (DeHon, 2000), (Compton e Hauck, 2002), (Hartenstein, 2001), (Page, 1996), (Sanchez *et al.*, 1999) e (Radunovic e Milutinovic, 1998).

Conforme (Moreno *et al.*, 2005) devido ao fato da computação reconfigurável ter surgido com a utilização de dispositivos programáveis, muitos conceitos que envolvem o campo de estudo não são aplicados ou ainda aplicados de forma insuficiente, não explorando todo seu potencial. Diversos trabalhos publicados atualmente apresentam diferenças com relação ao emprego destes conceitos, algumas divergências até mesmo primordiais para a área, como por exemplo, confusão em relação a arquitetura, microarquitetura e dispositivos reconfiguráveis, hora tratados como sinônimos e hora tratados como termos diferentes.

Uma discussão conceitual dentro de qualquer campo de estudo, sempre apresenta importância significativa para a área, já que estes são considerados instrumentos fundamentais para compreensão da área. O uso indiscriminado dos conceitos dentro de uma área científica, de modo geral, conduz ao empobrecimento da mesma (Lisboa, 2007).

Os principais conceitos e componentes que estiveram presentes desde a conceituação da computação reconfigurável, ainda se mantêm como base para a evolução do conhecimento na área, alguns deles mais antigos e outros mais recentes, que surgem em razão da necessidade de uma melhor compreensão do campo de estudo.

Um arcabouço conceitual é uma ferramenta teórica que tem como principal contri-

³Do inglês *Read Only Memory*.

⁴Do inglês *programmable read only memory*.

⁵Do inglês *Electrically-Erasable Programmable Read-Only Memory*.

⁶Do inglês *Field-programmable gate array*.

buição, presumir a relação entre os principais conceitos e componentes que envolvem um determinado campo de estudo, oferecendo não somente uma explanação teórica como modelos quantitativos, mas provendo a compreensão do fenômeno estudado (Miles e Huberman, 1994). Através do conhecimento do paradigma, aliado a um entendimento dos conceitos e seus componentes, tem-se uma compreensão das capacidades e dos limites da área de estudo.

Em virtude disso, esse trabalho apresenta o desenvolvimento de um arcabouço conceitual para computação reconfigurável bem como a validação do mesmo. Técnicas advindas das ciências sociais e outras áreas de conhecimento foram utilizadas, principalmente para a elaboração da metodologia de desenvolvimento do arcabouço, uma vez que, não é comum esse tipo de estudo dentro da computação reconfigurável.

Um trabalho de características observatórias, como é o caso deste, um maior número de amostras para análise, pode conduzir a resultados mais consistentes. Como elementos para análise, foram utilizados trabalhos científicos publicados em diversos veículos de publicações juntamente com técnicas de bibliometria e amostragem para reduzir e garantir a qualidade do universo de análise.

Para o método de validação fez-se necessário uma abordagem dividida em duas partes, a validação do constructo e validação do arcabouço conceitual. A primeira abordagem, baseada nos princípios definidos por (Yin, 2005) que enfatizam que todo estudo destinado ao campo teórico deve possuir métricas que garantem o encadernamento das evidências e a análise correta dos elementos para o estudo. Para a segunda parte da validação, uma comunicação grupal e estruturada é aplicada, onde o objetivo é obter o mais confiável consenso entre uma classe de especialistas. O método DELPHI (Kayo e Securato, 1997) utilizado para validação do arcabouço parte-se da premissa que a opinião de grupo de especialista é melhor do que a opinião de um só indivíduo.

Um modelo baseado na aplicação de questionários é utilizado para o método de validação, dessa forma consegue-se manter o anonimato entre os especialistas, garantindo que não exista um domínio psicológico entre os respondentes. Conforme (Kayo e Securato, 1997) esse abordagem talvez seja o motivo pelo qual o DELPHI funciona muito bem.

Em suma, do ponto de vista científico, a investigação, o desenvolvimento e a criação de um arcabouço conceitual motivam este trabalho. Todo o processo é composto por diretrizes específicas, que conduzem a estratégia de análise dos dados, verificação e extrapolação.

1. Investigar a utilização dos conceitos dentro do campo de computação reconfigurável;
2. Reavaliar os conceitos aplicados nos elementos de análise;
3. Desenvolver o arcabouço conceitual;
4. Validar através do consenso de um grupo de especialistas o arcabouço conceitual.

Este encadeamento é apresentado pelas ações adotadas no método de pesquisa que é abordado no Capítulo 3. Vale ressaltar que todo o método de construção do conhecimento

mostrado nesta pesquisa é baseado em técnicas advindas de outras áreas do conhecimento, sendo adaptado e aplicado dentro dos moldes deste trabalho.

O texto desta dissertação encontra-se organizado da seguinte forma:

- O Capítulo 2 apresenta uma visão geral dos principais conceitos e componentes que envolvem a computação reconfigurável, apresentando a importância dos conceitos e da conceituação para um campo de estudo. Por último, é realizada uma análise sobre as principais contribuições no âmbito conceitual para a computação reconfigurável e importância de um arcabouço conceitual como ferramenta auxiliar para pesquisa.
- O Capítulo 3 apresenta o método adotado para o desenvolvimento do trabalho. Ele aborda o desenvolvimento do Arcabouço, o sistema de validação construído e as métricas utilizadas para avaliação da qualidade da solução.
- O Capítulo 4 discorre sobre a análise dos resultados. As análises envolvem o processo de análise dos trabalhos e com relação ao método de validação. Considera-se todos os aspectos descritos na seção de método 3 bem como discussões no campo teórico.
- Por último, o Capítulo 5 aborda as considerações finais desta dissertação, ressaltando suas limitações e propostas de melhorias para trabalhos futuros.

Fundamentação Teórica

Subdividido em duas seções, este capítulo tem como objetivos (i) apresentar o aparato teórico sobre o qual esta dissertação se baseia, bem como (ii) apresentar uma revisão do estado da arte relacionado aos tópicos investigados nesta pesquisa. Desta forma, a Seção 2.1 fornece uma visão geral sobre conceituação, computação reconfigurável e arcabouço conceitual. Seguidamente, a Seção 2.2 apresenta os principais trabalhos relacionados à pesquisa aqui desenvolvida.

2.1 Bases para o arcabouço conceitual

Nesta seção, são apresentados conceitos e definições que são mencionados ao longo do trabalho. Inicialmente, é dada uma visão geral sobre os termos conceitos e conceituação, destacando sua importância nos tempos atuais e sua contribuição para o aprendizado. Em seguida, é feita uma descrição do paradigma da computação reconfigurável, um breve histórico juntamente com as motivações de seu surgimento, por fim, a importância do desenvolvimento de um arcabouço conceitual para um campo de estudo.

2.1.1 Conceitos e Conceituação

A busca pela construção do conhecimento sempre remete para a importância de estabelecer uma discussão na direção do campo teórico. Conforme (Lisboa, 2007) o uso indiscriminado dos termos e conceitos dentro das ciências, de modo geral, conduz ao empobrecimento do campo de estudo e dos próprios conceitos.

Conforme (Felber, 1984), os primeiros estudos sobre a natureza dos conceitos foram realizados nas antigas escolas gregas de filosofia. Algumas questões lançadas por Platão em

suas obras podem ser consideradas como o início da teoria dos conceitos. Porém somente com Aristóteles, com os fundamentos da lógica e suas bases (características, raciocínio, inferência e definição), os conceitos tiveram toda sua teoria constituída. Posteriormente, o conceito de 'conceitos' foi ampliado e desenvolvido através de diversos estudos.

Estudos mais recentes como (Dahlberg, 1978b), enfatizam a importância da compreensão dos conceitos e seus componentes para o desenvolvimento de sistemas para representação do conhecimento. A teoria dos conceitos, ainda conforme (Dahlberg, 1978b), destina-se a servir como fundamentação para análises conceituais, de toda e qualquer iniciativa relacionada ao estudo e padronização de termos.

Um modelo desenvolvido por (Dahlberg, 1978b) para simbolizar a construção conceitual é chamado de triângulo conceitual, podendo ser observado na figura 2.1. Esse modelo deixa em evidência os principais aspectos que envolvem o conceito.



Figura 2.1: Triângulo Conceitual proposto por Dahlberg

Conforme (Dahlberg, 1978a), um conceito não é completamente composto de diferentes partes. Ele é compreendido pela denotação (fatos, processos, etc.), nas predicacões a ele feitas (componentes, propriedades e atributos) e na forma verbal adotada para designá-lo (termo). Esses três aspectos apresentados se encontram em constante relação, auxiliando a definição do termo.

Conforme (Abbagnano, 1970) atualmente a noção de conceito tem-se confundido muito com a noção de significado, resultando em uma analogia errônea com o conceito de objeto, tendo a idéia de algo pronto, necessitando apenas de ser decorado. Sócrates mostrou que a definição conceitual se inicia com raciocínio indutivo, exprimindo a essência ou a natureza de algo (Martins, 2010).

Dentro do campo teórico na ciência, os conceitos são apresentados como construções lógicas, que são estabelecidas de acordo com um sistema de referência. São considerados instrumentos de trabalho do cientista, ou como termos técnicos do vocabulário da ciência. O processo de idealizar um conceito sobre um fato observado é chamado de conceituação. Significa a ação de formular uma idéia que permita, por meio de palavras, estabelecer

uma definição ou um termo (Lisboa, 2007).

É errado assumir que os conceitos são algo pronto e acabado, que praticamente servem somente de memorização. Conceitos e todos os seus componentes estão em constante construção, se atualizando e gerando novos conceitos para o campo de estudo (Lisboa, 2007).

Considerado como um ponto de convergência de seus próprios componentes, os conceitos apresentam uma topologia irregular com relação aos elementos que o definem (componentes). A teoria conceitual proposta por (Jabareen, 2009) destaca alguns aspectos, que auxiliam na identificação de um conceito:

1. Topologia irregular: Em toda sua essência, conceitos ao longo de sua existência são modificados e atualizados para continuar a oferecer o entendimento necessário para o campo de estudo, sua topologia (contorno) é alterado de acordo com a necessidade de incrementar uma idéia para que a mesma continue a ser valida.
2. Arquitetura dos conceitos: conceitos usualmente possuem componentes que o definem e ditam sua consistência. Os componentes de um conceito podem derivar de outros conceitos ou atributos de outros conceitos.

Os conceitos não devem ser vistos com um elemento simples ou indivisível, podendo ser constituídos também de um conjunto de técnicas extremamente complexas, como é o caso da computação reconfigurável.

2.1.2 Computação Reconfigurável

Observando em um contexto geral, o uso da computação pode ser dividido em soluções implementadas utilizando hardware fixo e em soluções implementadas utilizando hardware com flexibilidade através de Software. Esses tipos de implementações de soluções computacionais geralmente são denominados como soluções em hardware e soluções em software (Moreno *et al.*, 2005). As desvantagens relacionadas ao desempenho das soluções em software, flexibilidade das soluções que utilizam hardware fixo e custo de implementação desse modelos são os principais motivos que deram origem ao surgimento da computação reconfigurável.

Para exemplificar algumas dessas desvantagens, (Hartenstein, 2007) cita a situação conhecida como síndrome de Von-Neumann, onde a troca de dados é limitada entre a Unidade Central de Processamento (CPU)¹ e a memória, onde a frequência de trabalho do processador (frequência interna) é bem maior do que a frequência de comunicação com os barramentos (frequência externa). Soluções baseadas nesses modelos, acabam limitando o desempenho dos microprocessadores convencionais.

¹Do inglês *Central Processing Unit*.

A exploração do paralelismo em microprocessadores convencionais se torna uma tarefa complexa, exigindo que seja feito buscando novas opções, como *pipeline*, processamento escalável e microprocessadores *multi-core*, pois nos microprocessadores convencionais, somente o dado ou a instrução trafega no barramento a cada ciclo de *clock*.

Conforme (Hartenstein, 2007) o consumo de energia gerado por soluções computacionais que utilizam supercomputadores baseados microprocessadores convencionais, tendem a tomar proporções astronômicas, remetendo nos a pensar em modelos de soluções computacionais que visam um melhor aproveitamento desse recurso.

Os consagrados dispositivos de aplicação específica (ASIC's) ² conforme (Hauck e DeHon, 2010), oferecem alto poder de otimização de recursos e alto desempenho para tarefas críticas, porém oferecem somente a possibilidade de configuração uma única vez, extinguindo a flexibilidade do sistema.

ASIC's possuem um alto custo de produção para soluções produzidas em pequenas escalas, esse custo somente é amortizado quando a produção é em grande escala e outra dificuldade vista na abordagem orientada a aplicação específica é o elevado tempo de desenvolvimento comparado com soluções em software.

Quando os requisitos de uma dada solução computacional, excedem as capacidades dos modelos computacionais convencionais, recorre-se a abordagens diferentes, destinadas a criar soluções de desempenho elevado (Skliarova e Ferrari, 2012). Como promissor modelo computacional, que combina o desempenho do hardware e a flexibilidade do software, a computação reconfigurável surgiu como uma nova opção para soluções computacionais modernas.

A computação reconfigurável teve seu início com a utilização de dispositivos lógicos programáveis (PLD's) nos anos 60, onde esses dispositivos programáveis já eram capazes de empregar arquiteturas flexíveis e funcionais (Rose *et al.*, 2008). Na década de 70 com o surgimento de dispositivos baseados em memória somente de leitura (ROM), tais como PLA's e PAL's, introduziu-se uma nova forma de implementar as funções lógicas nos dispositivos programáveis. Dessa maneira foi possível agregar cada vez mais novas funcionalidade aos dispositivos programáveis, tais como a lógica sequencial na forma de *Flip-Flops* tipo D ³. Com o surgimento de memórias estáticas de acesso randômico (SRAM) em meados de 1980, houve uma grande evolução nos dispositivos programáveis possibilitando maior flexibilidade para configuração e menor área de circuito.

Em meados 1984 foi introduzido pela companhia Xilinx o *Field-Programmable Gate Array* (FPGA), constituído de uma matriz de blocos lógicos configuráveis e uma estrutura de interconexões interna configurável, que interliga todos os blocos lógicos provendo maior flexibilidade para atualização e desempenho para a aplicação (Rose *et al.*, 2008) (Hauck e DeHon, 2010). A Figura 2.1.2 mostra a estrutura básica interna de um FPGA.

²Do inglês *Application-Specific Integrated Circuit*.

³Circuito digital capaz de ser utilizado como memória de um *bit*.

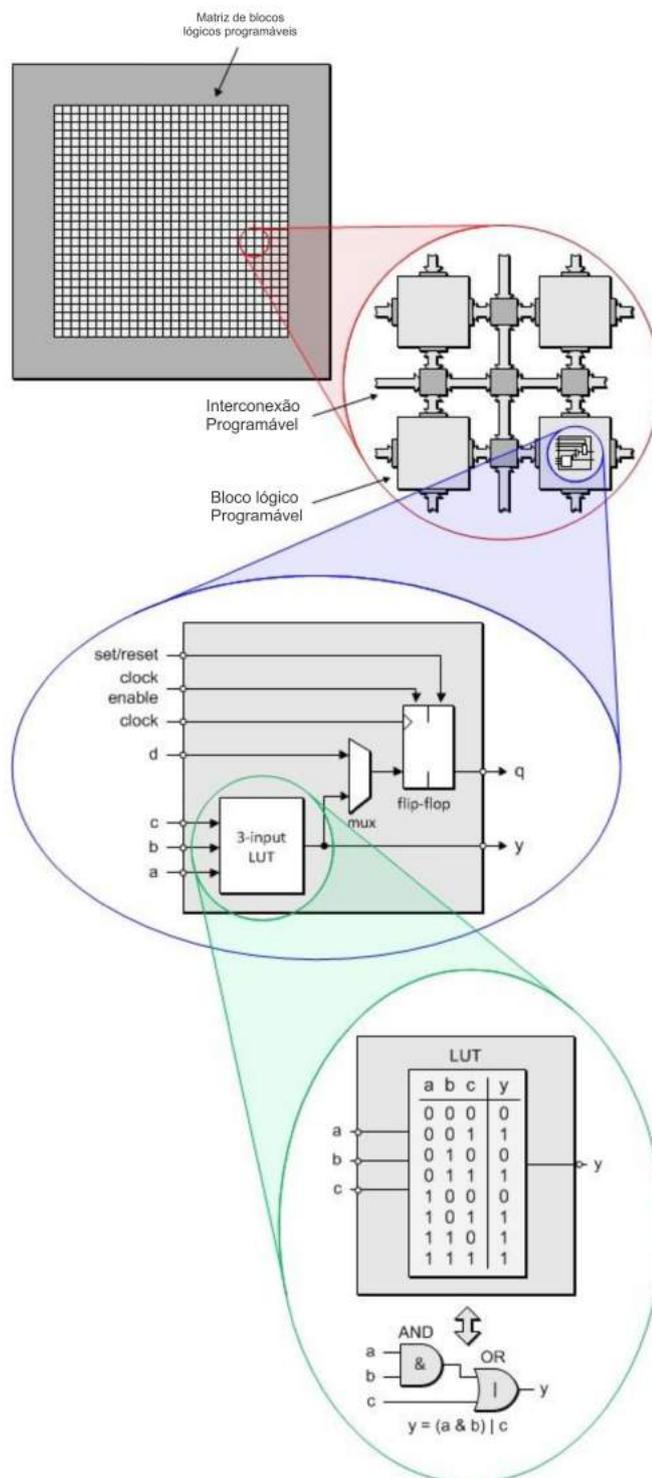


Figura 2.2: Estrutura Básica de um FPGA
(retidada de (Maxfield, 2012))

Elementos tais como memória embarcadas, blocos de entrada e saída (*I/O*), somadores, multiplicadores e processadores embarcados (DSP's)⁴ também fazem parte da maioria das estruturas internas dos FPGA contemporâneos. Esse elementos oferecem benefícios

⁴Digital Signal Processing.

de eficiência e agilidade para o desenvolvimento de sistemas baseados em FPGA, pois os mesmos já possuem uma estrutura pré-configurada (*hardwired*) dentro do dispositivo.

Os blocos lógicos basicamente são formados por tabelas (LUT's)⁵, multiplexadores e *Flip-Flop's* para implementar qualquer lógica. As LUT's podem computar qualquer função de N entradas, simplesmente através da programação de sua tabela.

O conceito de programabilidade de dispositivos reconfiguráveis, principalmente FPGA's, está diretamente relacionado com a capacidade de programar e reprogramar as chaves (comutadores) programáveis e também a sua arquitetura de roteamento. A figura 2.3 ilustra visualmente a utilização da tecnologia SRAM para programação do roteamento.

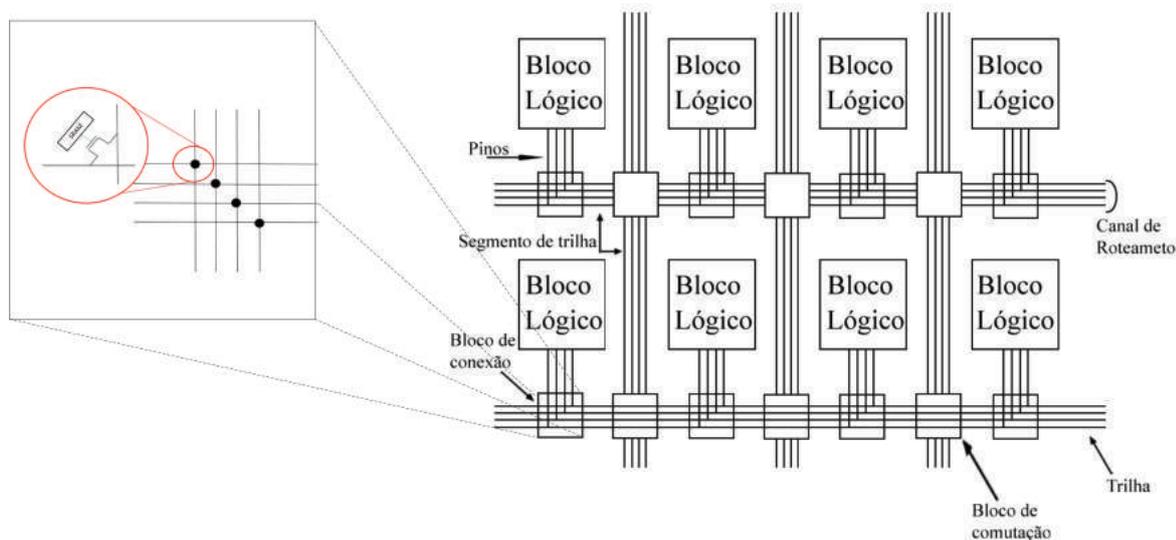


Figura 2.3: Estrutura Básica de roteamento de um FPGA

A programação das chaves (comutadores) programáveis dos dispositivos reconfiguráveis são realizadas através de técnicas de programação. Essas técnicas possuem relação direta com o desempenho dos dispositivos reconfiguráveis, pois a tecnologia usada tem influência direta sobre a propagação do sinal elétrico sobre as trilhas. Existe uma série de tecnologias utilizadas para programação dos dispositivos reconfiguráveis, tais como, EPROM, EEPROM, SRAM, *Flash* e *antifuse*, de acordo com (Rose *et al.*, 2008) as mais utilizadas nos dispositivos atuais são SRAM *Flash* e *antifuse*. A tabela 2.1 ilustra visualmente algumas importantes características dessas tecnologias de programação conforme (Rose *et al.*, 2008).

Grande parte da popularidade dos dispositivos reconfiguráveis está na característica de reconfigurabilidade dos mesmos, apresentando excelentes resultados para uma variedade de aplicações (Compton e Hauck, 2002). A computação reconfigurável através de seus dispositivos e arquiteturas reconfiguráveis, oferece otimizações para diversas implementações. Detaca-se como uma das principais, o alto grau de paralelismo, possibilitando que várias tarefas sejam executadas ao mesmo tempo, influenciando positivamente no tempo

⁵Do inglês *Look-up Tables*.

Tabela 2.1: Tecnologia de programação de dispositivos reconfiguráveis

Tecnologia	Volatilidade	Reconfigurabilidade	Área
SRAM	Sim	Sim	(6 Transistores)
<i>Flash</i>	Não	Sim	(1 Transistor)
<i>Antifuse</i>	Não	Não	(0 Transistor)

de resposta e diminuindo a latência (Jarvinen e Skytta, 2008)(Gaspar *et al.*, 2010). Para soluções computacionais que utilizam criptografia, características de reconfigurabilidade dinâmica são um grande atrativo, pois consegue-se trabalhar com diversos tamanhos de entradas de dados e diversos tamanhos de chaves, sem que o sistema pare de operar (Gaspar *et al.*, 2010).

Outra abordagem bastante explorada dentro da computação reconfigurável é a possibilidade de construir soluções computacionais, utilizando-se lógica reconfigurável integrada com microprocessadores (Compton e Hauck, 2002). Essa abordagem tende a tornar a solução computacional mais eficiente, pois parte da aplicação que é voltada para computação intensiva tende a ganhar maior desempenho e independência, quando implementada no dispositivo reconfigurável, e parte do programa que não é viável ser mapeado para a lógica reconfigurável é executado no microprocessador. Essa forma de implementação permite que o melhor dos dois modelos computacionais sejam explorados. Lembrando que a computação reconfigurável não é uma solução perfeita para todos os desafios da computação moderna e tende a ser ineficiente em alguns tipos de implementações.

De acordo com (Compton e Hauck, 2002), a lógica reconfigurável pode ser acoplada de diversas formas aos outros dispositivos, a figura 2.4 ilustra visualmente os tipos de integração.

Na primeira abordagem (a), a lógica reconfigurável se encontra na unidade funcional, que se localiza acoplada internamente ao microprocessador principal. Essa abordagem permite adicionar ao ambiente de programação instruções customizadas, que podem ser alteradas conforme a necessidade (Compton e Hauck, 2002).

Na Segunda abordagem (b), o dispositivo reconfigurável é utilizado como coprocessador. Essa abordagem apresenta uma área maior de tecido reconfigurável do que a primeira, sendo ideal para aplicações onde o dispositivo reconfigurável pode operar sem muita interferência do processador. O coprocessador executa instruções em paralelo com o processador e na maioria de forma independente, reduzindo o *overhead* de comunicação entre lógica reconfigurável e microprocessador (Compton e Hauck, 2002).

Na terceira abordagem (c) a comunicação entre dispositivo reconfigurável e microprocessador acontece através de primitivas, a frequência de comunicação entre dispositivo reconfigurável - memória cache - microprocessador compromete a eficiência do sistema. Nessa abordagem a lógica reconfigurável se comporta como um microprocessador adicional que pode ser acessado através da interface de entrada e saída, ressaltando que nessa

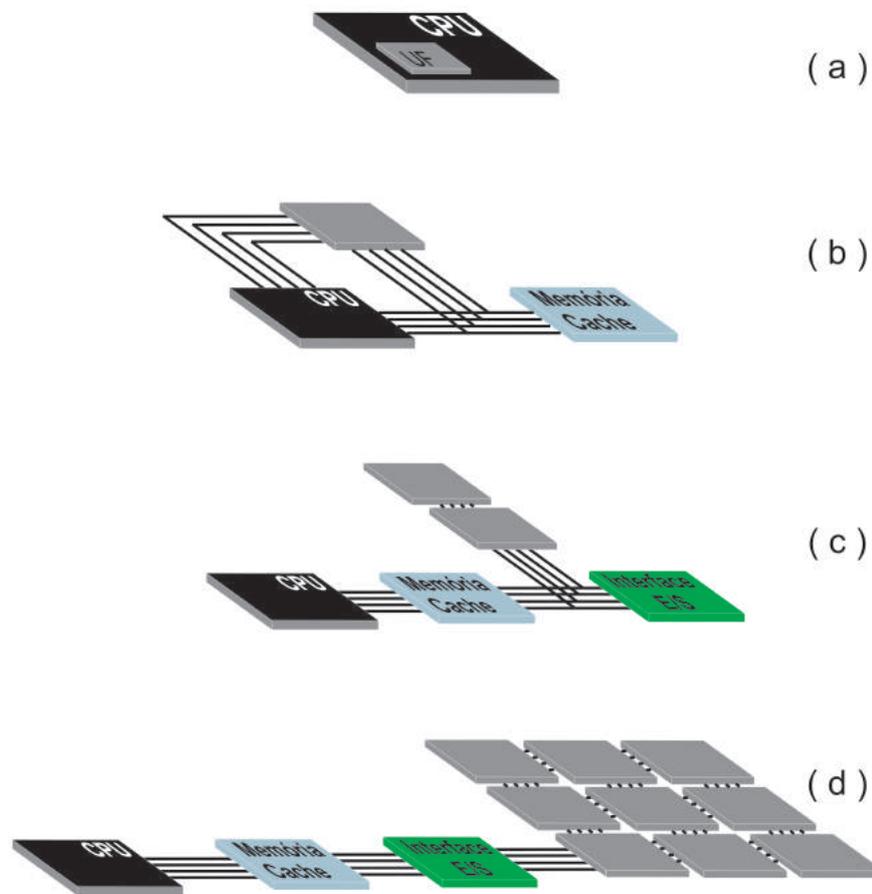


Figura 2.4: Diferentes níveis de acoplamento em um sistema reconfigurável

abordagem a memória *cache* não é visível pela lógica reconfigurável (Compton e Hauck, 2002).

Na quarta abordagem (d), os dispositivos reconfiguráveis não possuem comunicação frequente com o microprocessador podendo operar de forma independente e possuindo uma área reconfigurável relativamente grande (Compton e Hauck, 2002).

Cada uma dessas abordagens possui vantagens e desvantagens do ponto de vista computacional. Os estilos de menor intensidade de acoplamento (mais longe do processador) permitem maior grau de paralelismo na execução de programas, porém sofrem com a sobrecarga de comunicação. Estilos com maior intensidade de acoplamento podem executar tarefas sem a intervenção do microprocessador porém a área destinada a lógica reconfigurável é bastante limitada (Compton e Hauck, 2002). Observando essas características descritas pode-se destacar vários sistemas reconfiguráveis que utilizam dessas abordagens. Dentro desta pesquisa não é objetivo analisar detalhadamente todos os sistemas reconfiguráveis, que fazem uso das características de integração apresentadas. Entretanto, como exemplo ilustrativo a tabela 2.2 ilustra alguns desses sistemas (Singh *et al.*, 2000) (Ebeling *et al.*, 1996) (Vuillemin *et al.*, 1996) (Wirthlin e Hutchings, 1995) (Gokhale, 1990) (Golds-

tein *et al.*, 2000) (Otero, 2006) (Hartenstein, 2001) (Waingold *et al.*, 1997) e (Baumgarte *et al.*, 2003) a luz dos critérios de integração e reconfigurabilidade.

Tabela 2.2: Análise Sistemas reconfiguráveis

Sistema	Integração	Reconfigurabilidade
SPLASH	Fracamente acoplado	Estática
Rapid	Fortemente acoplado	Estática
DEC	Fracamente acoplado	Estática
DISC	Fortemente acoplado	Dinâmica
RAW	Fracamente acoplado	Estática
PipeRench	Fortemente acoplado	Estática
Morphosys	Fortemente acoplado	Dinâmica
KressArray III	Fortemente acoplado	Dinâmica
Javarray	Fortemente acoplado	Dinâmica
XPP	Fortemente acoplado	Dinâmica

A utilização de sistemas e dispositivos reconfiguráveis, tais como FPGA tem facilitado o desenvolvimento de protótipos e soluções que interagem com tecnologias já difundidas em equipamentos utilizados pelas empresas e a comunidade acadêmica. A computação reconfigurável vem permitido aos desenvolvedores e pesquisadores, adquirir um entendimento mais complexo dos problemas atuais e ainda tornar o ambiente mais propício ao surgimento de ideias para a formulação de novas soluções computacionais ainda mais robustas (Oliveira *et al.*, 2013).

2.1.3 Arcabouço Conceitual

Um arcabouço conceitual é descrito como uma rede de conceitos interligados que provém juntos um entendimento de determinado fenômeno ou assunto (Jabareen, 2009). O arcabouço estabelece fatores chave, constructos, variáveis e presume uma relação entre eles, oferecendo não somente uma explanação teórica, como modelos quantitativos, mas provendo a compreensão do fenômeno estudado ou sobre as quais se tenta prover um sentido lógico (Miles e Huberman, 1994). Ainda conforme (Jabareen, 2009) em um arcabouço conceitual, cada conceito possui um papel, que descreve suposições ontológicas e epistemológicas sobre os mesmos. Suposições ontológicas dentro desse contexto relatam o conhecimento de "como as coisas são?" o sentido existencial "real". Suposições epistemológicas relatam o conhecimento de "como as coisas realmente funcionam".

Em um senso mais amplo, um arcabouço conceitual é uma representação dos principais componentes de um sistema, enfatizando suas relações. Por essas razões (Miles e Huberman, 1994) definem um arcabouço conceitual como um produto visual ou escrito, onde é explicado graficamente ou de forma narrativa, os principais fatores-chaves do estudo, conceitos e seus componentes, bem como suas relações.

O arcabouço conceitual apresentado por (James R. Jeffery, 2010) descreve detalhadamente os principais aspectos da excelência da qualidade na educação. Aspectos filosóficos e históricos sobre a educação, principais definições conceituais para o ramo, conhecimento básico necessário, elementos fundamentais e indicadores de qualidade são os principais tópicos do arcabouço, que é apresentado, utilizando-se de formas gráficas e textuais para representar o conhecimento.

Como uma das principais contribuições para a área de pesquisa (James R. Jeffery, 2010) enfatiza que um arcabouço conceitual possui um papel importante na formação de profissionais, alunos, professores e pesquisadores, introduzindo-os a base do intelecto filosófico, histórico e aplicado do campo de estudo.

Desenvolvido para a área financeira com o intuito de apresentar de forma clara as interações entre os fatores práticos, sociais, econômicos e políticos que influenciam no âmbito financeiro, o arcabouço conceitual (Framework, 2008) foi desenvolvido. Nesse arcabouço, os autores descrevem sobre a importância conceitual que envolve os termos 'capital' e 'manutenção de capital' ressaltando características qualitativas e definições conceituais que envolve o campo de estudo. a figura 2.1.3 ilustra visualmente a demonstração de integração entre entidade e os elementos envolvidos.



Figura 2.5: Relação entre os principais fatores do arcabouço conceitual
(retidada de (Framework, 2008))

Conforme (Framework, 2008), na teoria, um arcabouço conceitual deve, antes de mais nada, propor um esquema de padronização através da consolidação dos conceitos e fatores chave que envolvem o campo de estudo. A figura 2.1.3 representa o modelo de integração proposto pelos autores juntamente com os principais conceitos envolvidos.

Está demonstrado que a utilização desse tipo de ferramenta de pesquisa leva a resultados mais consistentes (Shields, 1998), auxiliando na aquisição mais consolidada do conhecimento, melhorando a curva de aprendizado, principalmente para pesquisadores em fase inicial onde se tem um espaço exploratório de conhecimento imenso.

Segundo (Kaplan, 1964) todo conhecimento teórico serve como uma diretiva dentro da pesquisa. Sem esse conhecimento, ainda que provisório, existe apenas uma miscelânea de observações, sem nenhuma contribuição significativa. Todavia, cabe esclarecer que arcabouço conceitual e arcabouço teórico são elementos que diferem-se no que se refere ao fenômeno de estudo, em arcabouço conceituais, os principais conceitos e componentes são confrontados com a evidência empírica, já em um arcabouço teórico, a teoria estudada é correlacionada com a evidência.

A teoria do conceito conforme (Dahlberg, 1978a) é composta de diferentes partes. As predicções, ou seja, a ligação entre o conceito e os elementos que o definem (componentes, propriedades e atributos) e na forma verbal adotada para designá-lo (termo). Para tal, é importante chamar a atenção para a nomenclatura utilizada neste arcabouço conceitual afim de estabelecer uma ordem hierárquica através destes elementos.

1. Termo: Principal conceito dentro do campo de estudo, neste caso, computação reconfigurável e também utilizado para relacionar de forma verbal os conceito que estão em evidência em determinado capítulo;
2. Componentes: Principais elementos que definem o termo, vale ressaltar que, componentes podem ser derivados de outros conceitos;
3. Propriedades: Principais objetos que auxiliam a caracterizar o componente;
4. Atributos: conjunto de características que definem a propriedade.

Diante do contexto apresentado, o arcabouço conceitual para o campo da computação reconfigurável pretendido com esta trabalho, terá como foco a consolidação das principais definições conceituais do campo da computação reconfigurável, que atualmente são aplicadas de forma contestável, a julgar por alguns trabalhos publicados. É importante salientar que não existe um arcabouço conceitual para o campo da computação reconfigurável, ou pelo menos, nos moldes do desenvolvido nesta pesquisa.

2.2 Trabalhos Relacionados

Esta seção apresenta uma revisão de trabalhos relacionados que apontam o estado da arte encontrado por esta pesquisa. Cabe lembrar que o presente trabalho objetiva a construção de um arcabouço conceitual para o campo da computação reconfigurável. Desta forma, a seção se divide em três subseções, organizadas da seguinte forma, a primeira seção descreve a computação reconfigurável de um âmbito conceitual, com ênfase na análise das obras (Hauck e DeHon, 2010) (Moreno *et al.*, 2005) e (Rose *et al.*, 2008), nesta seção descreve-se sobre alguns trabalhos que não exploram corretamente os conceitos do campo de estudo. A segunda seção tem como contribuição destacar as taxonomias (Radunovic e Milutinovic, 1998) (Page, 1996) e (Sanchez *et al.*, 1999) que objetivam inferir critérios de classificação de sistemas e arquiteturas reconfiguráveis dentro da computação reconfigurável. Por último é apresentado métricas sobre a avaliação da parte experimental dos trabalhos dentro da computação reconfigurável, utilizando como fundamentação o trabalho apresentado por (Tichy *et al.*, 1995).

2.2.1 Computação Reconfigurável: Conceitos, Ferramentas e Técnicas

Diante do pensamento sobre quais foram as principais motivações para o surgimento da computação reconfigurável, (Moreno *et al.*, 2005) a define como uma solução intermediária entre as soluções em hardware e software, com objetivos, metas e motivações relacionados com a melhoria de desempenho, flexibilidade, generalidade, eficiência, custo e outros.

É importante enfatizar que, não é objetivo deste trabalho criar mais uma nova definição para computação reconfigurável, pois de acordo com (Moreno *et al.*, 2005) talvez a tarefa mais importante seja, consolidar os conceitos básicos sobre o assunto e não decorar todas as definições existentes.

Com relação as definições sobre o tema computação reconfigurável, conforme (DeHon, 2000), a computação reconfigurável é paradigma que utiliza dispositivos reconfiguráveis, que realizam computação usando conexão espacial "pós-fabricação" de elementos de computação, enquanto que computadores tradicionais, realizam computação fazendo conexões no tempo. De acordo com (Compton e Hauck, 2002) a computação reconfigurável possui a habilidade de realizar computação em hardware para aumentar o desempenho, enquanto retém muito da flexibilidade do software. Para (Hartenstein, 2001) a computação reconfigurável e suas aplicações servem como ponte para as lacunas entre os dispositivos de aplicações específicas (ASIC's) e microprocessadores.

Considerando simultaneamente as definições sobre computação reconfigurável e seus componentes apresentados, observa-se que a computação reconfigurável foi proposta como uma solução (modelo, paradigma) intermediária que tenta minimizar as deficiências do

paradigma de hardware e das soluções usando paradigma de software. Esse novo paradigma possibilita a obtenção de um maior desempenho em relação ao paradigma de software e uma maior flexibilidade em relação ao paradigma de hardware fixo (Moreno *et al.*, 2005). Além do desempenho e da flexibilidade, pode-se destacar outros fatores que motivaram o aparecimento da computação reconfigurável, tais como: eficiência, custo, generalidade e tolerância à falhas (Moreno *et al.*, 2005).

Em diversos trabalhos publicados em várias áreas específicas dentro do campo da computação reconfigurável, nota-se que existe uma confusão com relação ao emprego de conceitos e termos. Conceitos como sistemas reconfiguráveis, arquiteturas reconfiguráveis e dispositivos reconfiguráveis, podem ser observados dando uma idéia de um paradigma único, como se não houvessem certas nuances, ou com até sólidas diferenças entre esses conceitos.

Trabalhos como (Sun *et al.*, 2013), (Morales Sandoval e Feregrino Uribe, 2006) são titulados como "Arquitetura Reconfigurável para...", ou de alguma forma apresentam o desenvolvimento de uma arquitetura reconfigurável para otimização ou solução de problemas. No entanto os autores não relatam aspectos de reconfigurabilidade da arquitetura proposta, tais como: reconfiguração parcial ou total, dinâmica ou estática, local ou remota, aspectos com relação ao nível de granularidade (grão fino ou grão grosso) da arquitetura do dispositivo utilizado, nem mesmo apresentam na seção de resultados parâmetros com relação ao tempo de reconfiguração ou tempo de estabilização da reconfiguração (envio do Bitstream e configuração). No trabalho proposto por (Gil *et al.*, 2010) é apresentada uma implementação de uma memória *cache* baseada em dispositivo reconfigurável (FPGA), a memória é conectada a um processador embarcado que se comunica com o microprocessador através de barramentos. Nesse trabalho é proposto um sistema reconfigurável, onde o foco do tecido lógico reconfigurável é servir de armazenamento temporário para programas executados no processador. Os autores nesse trabalho não relatam nenhuma abordagem que trata ou compara os níveis de acoplagem de um sistema reconfigurável, conforme previsto por (Compton e Hauck, 2002) e apresentado na figura 2.4, nem mesmo é discutido ou apresentado um simples contexto sobre a arquitetura de memória utilizada no sistema ou a forma da execução de programas como descrito por (Page, 1996).

Torna-se frequente em muitos trabalhos publicados dentro da computação reconfigurável, uma certa discrepância com relação aos termos aplicados, soluções simplesmente são implementadas utilizando um dispositivo reconfigurável, porém nenhum aspecto de reconfiguração é aplicado ou discutido.

Vale ressaltar que não é objetivo deste trabalho, criticar ou avaliar a qualidade das publicações, pois os argumentos apresentados são baseado em uma suposição, pois não pode-se afirmar que os autores dos trabalhos deixaram de abordar os conceitos, por falta ou excesso de conhecimento dos termos. Porém pode-se afirmar que a falta de clareza ou até mesmo a omissão da utilização dos conceitos, contribui negativamente para a área de

pesquisa, empobrecendo e prejudicando a evolução da computação reconfigurável.

Trabalhos como os de (Hauck e DeHon, 2010) (Compton e Hauck, 2002) (Moreno *et al.*, 2005) e (Rose *et al.*, 2008) tiveram grande contribuição para esta pesquisa, servindo como embasamento teórico nos aspectos conceituais. Conforme (Hauck e DeHon, 2010) é impossível reunir em uma só obra, todos os conceitos e termos que descrevem a computação reconfigurável, isso devido a complexidade em que se encontra o campo de estudo atualmente, diante disso, vários termos, conceitos e técnicas são apresentados disperso na literatura através de livro, surveys e trabalhos publicados.

Para obter-se de um melhor entendimento dos principais conceitos da computação reconfigurável, mapas conceituais foram construídos, descrevendo visualmente a relação entre os temas, conceitos, componentes e atributos de acordo com os autores selecionados.

2.2.1.1 Mapa Conceitual da abordagem de Scott Hauck e André Dehon

O mapa conceitual apresentado na figura 2.6 ilustra os principais conceitos que envolvem o tema da computação reconfigurável de acordo com Scott Hauck e André Dehon (Hauck e DeHon, 2010), onde os autores enfatizam que é discutido os aspectos principais da computação reconfigurável.



Figura 2.6: Mapa Conceitual abordagem Scott Hauck e André Dehon

A figura 2.7 e figura 2.8 representam a descrição completa do mapa conceitual apresentado na figura 2.6 dividido em duas partes, ilustrando as propriedades e os principais atributos sobre os componentes.

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos	
Computação Reconfigurável	Hardware Computacional Reconfigurável	Arquitetura do Dispositivo	Elementos Lógicos	Lookup Tables (LUT's); Flip-Flop's; Unidade Lógica Aritmética (ALU's);	
			Elementos Lógicos Estendidos	Multiplicadores; Mémorias; Microprocessadores Especializados (DSP's); Somadores;	
			Matriz de Conexões		
			Configuração	SRAM; Mémoria Flash; Antifuse;	
			Fabricante	Xilinx; Altera;	
		Arquitetura Computacional Reconfigurável	Arquitetura do Tecido de processamento Reconfigurável	Grão Fino; Grão Grosso;	
			Integração RPF	Coprocessador; RPF + Processador;	
		Sistemas Computacionais Reconfiguráveis	Tipo	Coprocessadores (PAM, VCC, SPLASH); Super Computadores (Cray, SRC); Emulação de Circuitos (AMD/Intel);	
		Gestão da Reconfiguração	Arquitetura de Configuração	Contexto Único; Multi-Contexto; Reconfiguração Parcial; Pipeline;	
			Controle de Reconfiguração	Agrupamento de Configuração; Cache de Configuração; Configuração Escalonável;	
			Redução de Tempo de Reconfiguração	Compressão; Reutilização;	
		Programação de Sistemas Reconfiguráveis	Modelos Computáveis	Fluxo de Dados	Síncrono Dinâmico
				Controle Sequencial	Autômato Finito Paralelo
				Paralelo	
				Multi-Tarefa	
	Arquitetura do Sistema		Maquina de Estados Finita com Caminho de Dados (FSMD)		
			Palavra de Instrução de Tamanho Grande (VLIW)		
			Programa Único de Múltiplos Dados (SPMD)		
			Instrução Única de Múltiplos Dados (SIMD)		
			Autômatos Celulares		
	Programação de aplicações em FPGA		VHDL	Descrição Estrutural Descrição RTL Maquinas de Estados	
			Diagramas	Simulink	
			Programação Paralela		

Figura 2.7: Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem dos autores Scott Hauck e André Dehon (Parte 1/2)

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Fluxo de Mapeamento	Síntese Lógica		
		Tecnologia de Mapeamento	Algoritmos de Mapeamento	
		Localização / Fixação	Clusterização	
			Particionamento	
		Roteamento		
		Geração BitStream		
	Desenvolvimento de Aplicações	Particionamento	Hardware / Software	
		Aritmética em FPGA		
		Vantagens e Desvantagens	Tempo de Desenvolvimento	
			Custo	
			Consumo de Energia	
			Verificação/Debug	
			FPGA e Microprocessadores	
		Reconfiguração em Tempo Real		
Taxonomias				

Figura 2.8: Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem dos autores Scott Hauck e André Dehon (Parte 2/2)

2.2.1.2 Mapa Conceitual da abordagem de Edward Moreno

Conforme (Moreno *et al.*, 2005) entre os principais componentes (conceitos, ferramentas e técnicas) que envolvem o campo da computação reconfigurável pode-se citar:

1. Dispositivos reconfiguráveis;
2. Arquiteturas reconfiguráveis;
3. Sistemas computacionais reconfiguráveis acadêmicos e comerciais;
4. Ambientes e ferramentas de projeto;
5. Desenvolvimento e programação de aplicações em sistemas reconfiguráveis;

É importante ressaltar que no trabalho (Moreno *et al.*, 2005), os autores discutem sobre várias ferramentas e técnicas de programação e desenvolvimento de aplicações em sistemas reconfiguráveis, porém o principal foco está sobre os conceitos de arquiteturas reconfiguráveis, sistemas reconfiguráveis e dispositivos reconfiguráveis. Esses são os conceitos que possuem maior conteúdo teórico e que melhor definem o termo computação reconfigurável, o restante trata-se de técnicas e ferramentas que estão em constante evolução é mudanças.

Com relação aos principais componentes destes conceitos apresentados, (Moreno *et al.*, 2005) inicia com uma discussão no campo teórico da computação reconfigurável, introduzindo uma observação sobre os aspectos de programação e configuração. Os autores

salientam que, apesar de estarem em níveis diferentes de abstração e serem conceitualmente elementos distintos, existe uma grande confusão com relação ao empregos desses conceitos. Observa-se até mesmo que são aplicados como sinônimos.

O mapa conceitual descrito na figura 2.9 ilustra visualmente os principais conceitos do campo da computação reconfigurável de acordo com (Moreno *et al.*, 2005).

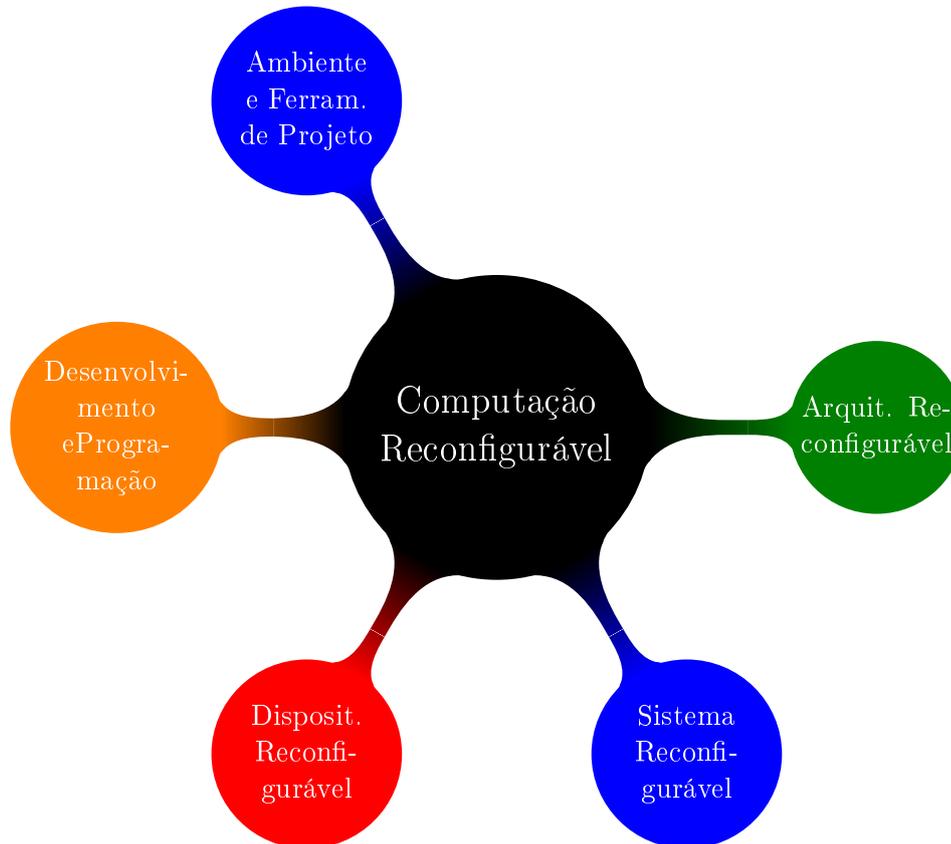


Figura 2.9: Mapa Conceitual abordagem Moreno

No trabalho (Moreno *et al.*, 2005) também é apresentado um levantamento sobre as principais dificuldades, problemas e desafios enfrentados pelos profissionais e pesquisadores da área de computação reconfigurável. Entre as principais dificuldades, os autores afirmam que existem ainda muitas indefinições na área da computação reconfigurável e que isso contribui negativamente para a tarefa de apresentar todos os termos e conceitos em um só trabalho. Pode-se citar ainda a inadequação da utilização de arquiteturas e dispositivos reconfiguráveis nas aplicações, não explorando todo o potencial oferecido pelas plataformas. Entende-se que parte disso da-se pela falta de conhecimento teórico e conceitual do campo de estudo. Entre os principais desafios, cita-se a falta de uma metodologia clara e consolidada de projeto, o que ajudaria a alcançar melhores resultados e simultaneamente difundir o aprendizado da computação reconfigurável.

A figura 2.10 e figura 2.11 complementam o mapa conceitual apresentado na figura 2.9, trata-se da descrição completa do mapa conceitual dividido em duas partes, ilustrando componentes, propriedades e os principais atributos da computação reconfigurável.

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Arquitetura Reconfigurável	Programabilidade	Múltipla; Única;	
		Granularidade	Grão Fino; Grão Médio; Grão Grosso;	Elementos Lógicos;
		Reconfigurabilidade	Dinâmica	Parcial; Total; Local; Remota;
			Estática	
		Classificação	Puramente Reconfigurável; Híbrida;	
		Configuração da Estrutura	Espacial; Topológica;	
		Modelo de Computação	Monoprocessador; Multiprocessado; SIMD; VLW; Pipeline;	
		Modelo de Implementação	Reconfigurável; Mista; Fixa; Programável;	
	Sistema Computacional Reconfigurável	Classificação	Comercial; Acadêmico;	
		Característica do Sistema	Coprocessador; Processadores Reconfiguráveis; Computadores Reconfiguráveis; Sistemas Embarcados; Sistemas Híbridos;	
	Dispositivo Reconfigurável	Classe do Dispositivo Programável	EPROM; PLA; PAL; CPLD's; MPGA's; FPGA's;	
		Micro Arquitetura	Entrada e Saída; Blocos lógicos de Controle (CLB's); Rede de Interconexão; Multiplicadores; Flip-Flop's;	Lookup Tables (LUT's)
		Configuração / Reconfiguração	Configuração dos Elementos Lógicos; Configuração do Roteamento;	
		Fabricante	Altera; Xilinx; Actel; Atmel;	
		Tecnologia de Mapeamento	Antifuse; Memória Flash; SRAM;	

Figura 2.10: Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos com relação a abordagem do autor Edward Moreno (Parte 1/2)

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Desenvolvimento e Programação de Aplicações em Sistemas Reconfiguráveis	Particionamento		
		Programa Fonte	Maquina de Estados Finita com Caminho de Dados (FSMD)	
			Palavra de Instrução de Tamanho Grande (VLIW)	
			Programa Único de Múltiplos Dados (SPMD)	
			Instrução Única de Múltiplos Dados (SIMD)	
			Autômatos Celulares	
		Modelo de Programação	Esquemático	
			Linguagem de Descrição	VHDL; Verilog; JHDL;
			Linguagem de Alto Nível	Linguagem C;
		Descrição	Estrutural; Comportamental;	
	Ambiente e Ferramenta de Projeto	Ferramentas de Desenvolvimento	Altera	Quartus
			Xilinx	Project Manager
			DK Design	Celosa

Figura 2.11: Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos da abordagem do autor Edward Moreno (Parte 2/2)

2.2.1.3 Mapa Conceitual abordagem Jonathan Rose

O trabalho apresentado por (Rose *et al.*, 2008), possui uma abordagem menos expressiva em termos de volume de conceitos, porém importante em detalhes. Os autores exploram as características e detalhes dos principais conceitos do campo da computação reconfigurável.

1. Arquiteturas reconfiguráveis;
2. Sistemas reconfiguráveis;
3. Dispositivos reconfiguráveis;

O foco do trabalho apresentado por (Rose *et al.*, 2008) está no detalhamento de características de arquiteturas de dispositivos reconfiguráveis baseados em FPGA, na microarquitetura dos dispositivos e na programação de sistemas reconfiguráveis. É interessante ressaltar que (Rose *et al.*, 2008) descreve a evolução dos dispositivos reconfiguráveis de forma majestosa, dando ênfase a todos os aspectos que contribuíram para desenvolvimento dos dispositivos como tecnologia de programação e armazenamento da lógica reconfigurável.

O mapa conceitual descrito na figura 2.12 ilustra os principais conceitos na visão dos autores.

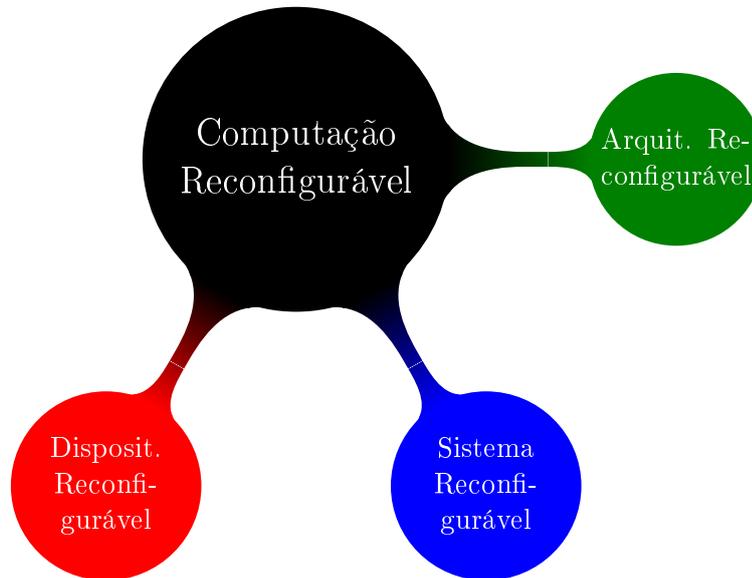


Figura 2.12: Mapa Conceitual abordagem Rose

A figura 2.13 complementa o mapa conceitual apresentado na figura 2.12 ilustrando componentes, propriedades e os principais atributos.

2.2.2 Taxonomias para Computação Reconfigurável

A compreensão das alternativas existentes para a implementação de sistemas computacionais reconfiguráveis pode ser apreendida a partir de um estudo das diferentes classes de dispositivos e sistemas disponíveis. O primeiro passo é escolher um conjunto de critérios de classificação. A escolha de um conjunto de critérios deve buscar a ortogonalidade dos elementos do conjunto (Calazans, 1998).

As taxonomias dentro da computação reconfigurável objetivam estabelecer critérios de classificação e acordo com as características dos principais conceitos que envolvem a computação reconfigurável. Nas seções 2.2.2.1, 2.2.2.2 e 2.2.2.3 é descrito a tentativa de classificação de acordo com critérios estabelecidos de classificação estabelecidos pelos autores.

2.2.2.1 Olimpo

O Olimpo trata-se de uma taxonomia para arquiteturas reconfiguráveis baseada nos critérios de objetivo da arquitetura, granularidade, integração e reconfigurabilidade da rede de interconexão (Radunovic e Milutinovic, 1998). A Figura 2.2.2.1 exibe essa proposta no formato de árvore.

A figura 2.15 descreve cada nó da árvore. A descrição foi baseada no trabalho de (Mesquita, 2002).

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos	
Computação Reconfigurável	Arquitetura Reconfigurável	Tipo	Comerciais	Síncronas; Assíncronas	
			Não Comerciais		
		Granularidade	Grão Fino; Grão Grosso;	Elementos Lógicos;	
		Arquitetura dos Blocos Lógicos	Tecido Reconfigurável	Elementos Lógicos;	
			CLB's	Lookup Tables (LUT's)	
			Rede de Interconexão Programável		
			Multiplexadores		
			Memórias		
	Arquitetura de Roteamento	Estilo Ilha; Unidirecional; Barramento; Pipeline;			
	Arquitetura de Entrada / Saída	Básica; Alta Velocidade;			
	Sistema Digital Reconfigurável	Integração	Tecido Reconfigurável + Processador	Coprocessador; Processadores Reconfiguráveis; Computadores Reconfiguráveis; Sistemas Embarcados; Sistemas Híbridos;	
	Dispositivo Reconfigurável	Classe do Dispositivo Programável	PLA; PAL; CPLD's; FPGA's;		
			Fabricante	Altera; Xilinx; Actel; Atmel;	
			Tecnologia de Programação	Volátil; Não Volátil;	Antifuse; EEPROM/Memória <i>Flash</i> ; SRAM; ROM; PROM; EPROM;

Figura 2.13: Mapa conceitual ilustrando conceitos, propriedades e atributos da abordagem do autor Jonathan Rose

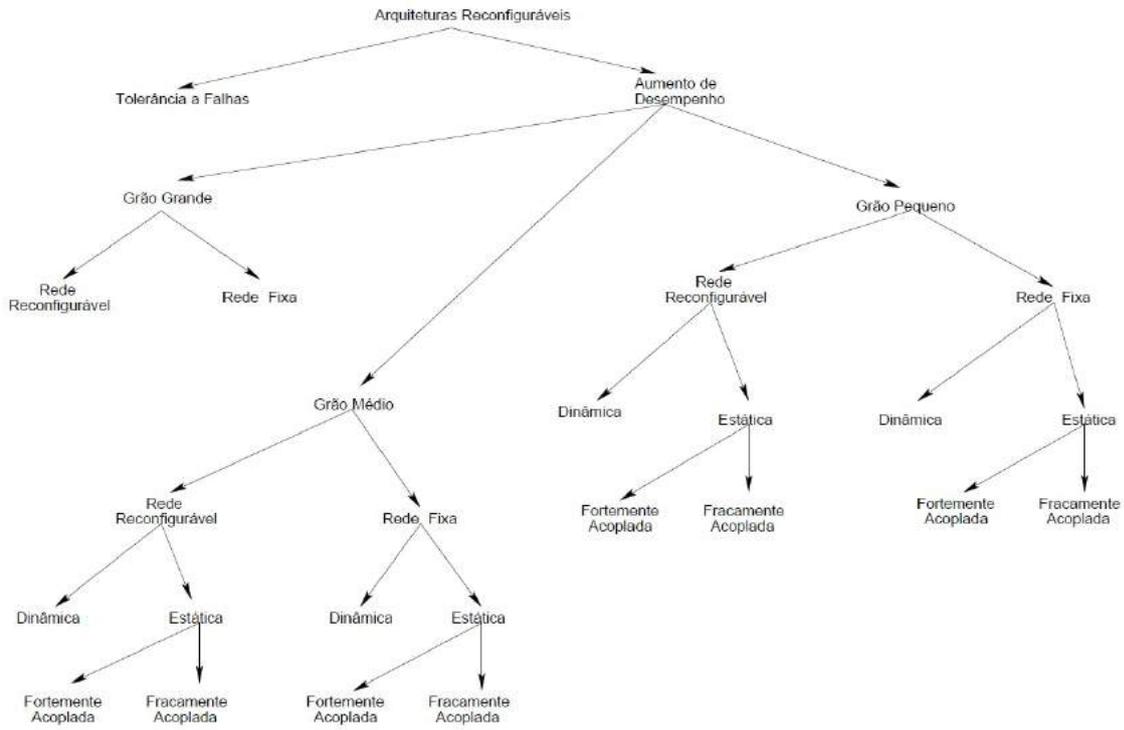


Figura 2.14: Critérios de Classificação (retidada de (Mesquita, 2002))

Arquiteturas Reconfiguráveis	Objetivos da Arquitetura	Tolerância a Falhas	Capacidade de detectar e corrigir uma falha mesmo após a fabricação.
		Acréscimo de Velocidade	Capacidade de incrementar o desempenho dos processadores de uso geral.
	Granularidade	Grão Pequeno	Os blocos lógicos contêm uma função lógica de duas entradas ou um multiplexador 4 para 1 e um flip-flop.
		Grão Médio	Os blocos lógicos contêm duas ou mais tabelas-verdade (look-up tables ou LUTs) e dois ou 2 mais flip-flops.
		Grão Grande	Os blocos lógicos Possuem unidades lógicas e aritméticas (ULAs) e/ou pequenos microprocessadores e memórias.
	Integração	Sistemas Autônomos	o sistema adapta-se dinamicamente até o resultado esperado.
		Sistemas Fortemente Acoplados	Unidades de reconfiguração atuam como unidades de execução do processador.
		Sistemas Fracamente Acoplados	Coprocessadores e Placas separadas.
	Reconfigurabilidade da Rede Externa de Interconexão	Rede Externa Reconfigurável	Conecta todas as unidades reconfiguráveis, criando uma grande unidade reconfigurável virtual, garantindo uma maior escalabilidade para o sistema.
		Rede Fixa	É uma arquitetura mais barata e mais simples, não sendo adequada para aplicações intensivas.

Figura 2.15: Descrição dos Critérios de Classificação da Taxonomia Olimpo

2.2.2.2 Critérios de PAGE

O desenvolvimento de sistemas que combinam características de processadores de uso geral e a flexibilidade dos dispositivos reconfiguráveis tais como FPGAs, podem ser clas-

sificados da seguinte forma: atuação como coprocessadores, arquitetura da memória e execução dos programas (Page, 1996).

De acordo com (Mesquita, 2002), levando-se em consideração um FPGA e um microprocessador de uso geral, existem algumas formas de integração em um sistema. Uma forma de classificar esses sistemas é através dos diferentes níveis de interação entre o FPGA e o microprocessador (Page, 1996).

1. Coprocessadores: O microprocessador comunica-se com o FPGA através de instruções, que podem ser interpretadas pelo dispositivo reconfigurável.
2. Chamada remota de funções: O microprocessador comunica-se com o FPGA através de instruções que são interpretadas pelo dispositivo reconfigurável como chamadas remotas de função (RPC). Trata-se de uma abordagem semelhante ao coprocessamento, exceto pelo fato de que é uma interface mais poderosa que usa sincronização sempre que necessário.
3. Modelo cliente-servidor: O dispositivo reconfigurável atua como um processo servidor semelhante ao mecanismo do RPC. A comunicação interprocessual pode chegar de qualquer processo que esteja sendo executado pelo microprocessador.
4. Processos paralelos: Os processos que são executados pelo FPGA são independentes daqueles que são executados pelo microprocessador. A comunicação entre processos pode acontecer a qualquer momento.

Todavia um programa em execução, sendo em nível de software ou hardware necessita de uma certa quantidade de armazenamento, seja temporário ou não. De acordo com (Page, 1996) pode haver três diferentes modelos de arquiteturas de memória.

1. Dispositivo reconfigurável sem acesso a memória externa: conforme (Mesquita, 2002) neste caso o algoritmo executado no FPGA pode operar sem memória externa. É uma situação aceitável somente quando o dispositivo necessita de poucos estados para sua operação.
2. FPGA compartilha memória com o microprocessador: O dispositivo reconfigurável é livre para utilizar qualquer tipo de memória associada ao barramento. Contudo é necessário um controlador para evitar conflito e gerenciar o endereçamento.
3. FPGA com memória local própria: O algoritmo da parte reconfigurável é organizado com memória privada, consumindo o mínimo de ciclos de relógio para cada acesso, aumentando o desempenho durante um processamento (Mesquita, 2002).

Com relação ao suporte para execução de programas nos dispositivos reconfiguráveis, (Page, 1996) e (Mesquita, 2002) descrevem modelos de configuração dos módulos funcionais que permitem explorar diferentes características de custo/desempenho das implementações.

1. Hardware puro: O algoritmo é codificado (síntese para hardware) em uma descrição de hardware que é carregada no dispositivo reconfigurável .
2. Microprocessador de aplicações específicas: O programa é compilado em um código de máquina abstrato, para um processador abstrato (ASIP)⁶. A descrição do microprocessador pode então ser compilada em um FPGA .
3. Reutilização seqüencial: O tamanho do dispositivo reconfigurável pode ser limitado para a o armazenamento do programa. Uma abordagem é dividir o programa em partes, de tal forma que ele seja executado parcialmente, usando a capacidade de reconfiguração dinâmica do FPGA.
4. Uso simultâneo: Em alguns casos os recursos do FPGA pode suportar a execução de diversos algoritmos simultaneamente. Cada um deles pode interagir separadamente com o processador.
5. Utilização sob demanda: Sistemas computacionais podem ser construídos onde a demanda de tempo-real do sistema dita qual parte do hardware deve ser construída e qual parte deve ser destruída. Essa abordagem é definida como "Hardware Virtual" por apresentar algumas características similares aos sistemas de memória virtual.

2.2.2.3 Critérios de Sanchez

Conforme (Sanchez *et al.*, 1999) um o tecido lógico de uma sistema digital reconfigurável pode ser configurado de duas formas: estaticamente ou dinamicamente. Quando o sistema é configurado estaticamente o arquivo de configuração é carregado para o dispositivo somente uma vez e antes da execução, sendo possível ser reconfigurado somente depois da execução ou parada do sistema. Na configuração dinâmica o arquivo de configuração pode alterar a topologia do tecido lógico a qualquer momento da execução.

De acordo com (Mesquita, 2002) o sistema com configuração estática, apresenta pouca flexibilidade e no momento da execução do programa permanece todo inalterado. Já em sistemas com configuração dinâmica, a adaptação dinâmica bem como manipulação de especificações incompletas são as principais características.

2.2.3 Avaliação experimental

Trabalhos publicados dentro da área de computação em geral, são trabalhos que apresentam na sua grande maioria aspectos teóricos e práticos. Pesquisas dentro da computação requerem sempre teste de novas idéias algo novo e muitos desses testes, requerem muitos usuários, muitos sistemas e muito desenvolvimento (Bell *et al.*, 1979) ou ainda

⁶Do inglês Application Specific Instruction-Set Processor.

como (Tichy *et al.*, 1995), trabalhos científicos dentro da computação sempre resultando em modelos, protótipos, algoritmos e sistemas.

O estudo realizado por (Tichy *et al.*, 1995), foi motivado pela imprecisão das informações experimentais contidas nos trabalhos dentro da área de pesquisa da computação. Conforme (Tichy *et al.*, 1995) em sua análise, apenas 30% dos trabalhos analisados apresentam parte experimental condizente com o que foi proposto.

Com relação a metodologia de avaliação utilizada por (Tichy *et al.*, 1995) para identificar a veracidade da parte experimental dos trabalhos, a mesma pode ser dividida em duas abordagens. A primeira delas trata-se uma análise quantitativa, onde é relacionado o número de páginas utilizado para descrever a parte experimental do trabalho com o número de página total do trabalho. Essa abordagem conforme (Tichy *et al.*, 1995) não é suficiente para avaliar a qualidade da experimentação realizada, porém é um indício. Trabalhos que apresentaram parâmetros quantitativos abaixo do esperado, possuíam parte experimental fraca, sem informações suficientes para replicar o estudo (Tichy *et al.*, 1995). A segunda abordagem adotada, foi a avaliação da qualidade das informações utilizadas para geração dos dados, comparação e extrapolação. Nessa abordagem o autor observou se a parte experimental dos trabalhos ofereciam informações suficientes para o estudo ser replicado com sucesso.

Para análise (Tichy *et al.*, 1995) utilizou-se de um total de 400 trabalhos, envolvendo a área da computação neural e engenharia ótica. Como forma de organização dos trabalhos, afim de oferecer uma maneira fácil de visualização e a possibilidade de direcionar uma análise mais detalhada sobre uma classe, alguns critérios foram adotados. Os critérios de classificação são de acordo as soluções computacionais produzidas de um determinado trabalho. A divisão é composta pelas seguintes classes:

1. Teória formal: Essa categoria contem trabalhos que possuem como contribuição principal, proposições tratáveis, teoremas e suas provas.
2. Trabalhos empíricos: Trabalhos nessa categoria tem como contribuição principal coleta, análise e interpretação sobre design conhecidos, ou sobre teorias abstratas, com ênfase na avaliação do novo modelo ou design. Como é o caso desta pesquisa
3. Hipótese e testes: Trabalhos nessa categoria são responsáveis por definir hipóteses e descrever experimentos para testá-las.
4. Modelagem e desenvolvimento: A principal contribuição dos trabalhos nessa classe são sistemas, técnicas ou modelos os quais suas propriedades não podem ser provadas formalmente, softwares, ferramentas, etc.

Observando o âmbito da computação reconfigurável, uma análise dessa natureza é bastante importante para avaliar a qualidade da parte experimental dos trabalhos. De acordo com (Moreno *et al.*, 2005), um dos grandes desafios da computação reconfigurável

é propor um método claro e consistente para construção de projetos baseado em hardware reconfigurável.

2.3 Conclusão do Capítulo

Estes trabalhos relacionados permitiram constatar o quanto é complexo e extenso a área da computação reconfigurável, observando aspectos teóricos, principalmente conceituais. A utilização de forma inconsistente ou contestável dos conceitos dentro de uma área científica, contribuiu para o empobrecimento do campo de estudo. Deixa evidente, então, que é importante a existência de uma ferramenta auxiliar, que apresente de forma clara os conceitos consolidados e ajude os pesquisadores, principalmente em fase inicial de aprendizado, em suas questões metodológicas.

No caso deste trabalho desenvolvido, o foco está na consolidação das principais definições conceituais do campo da computação reconfigurável, que atualmente são aplicadas de forma contestável, a julgar por alguns trabalhos publicados. É importante salientar que não existe um arcabouço conceitual para o campo da computação reconfigurável, ou pelo menos, nos moldes do desenvolvido nesta pesquisa.

Trabalhos como (Hauck e DeHon, 2010), (Rose *et al.*, 2008) e (Moreno *et al.*, 2005) são excelentes fontes teóricas encontradas na literatura e buscam apresentar e inserir os conceitos de computação reconfigurável, sendo considerados como as principais ferramentas teóricas para um grande número de pesquisadores da área.

Como já dito anteriormente, arcabouços conceituais são mais comuns em áreas onde as principais contribuições científicas, são originadas de estudos empíricos e dedutivos. Analisando os arcabouços conceituais desenvolvidos por (James R. Jeffery, 2010) (Board, 2013) (Organization, 2009) e (Framework, 2008) pode-se observar um modelo ou padrão de construção. Conforme (Jabareen, 2009) a construção de um arcabouço conceitual deve englobar aspectos filosóficos e históricos da área de estudo, definições, informações qualitativas enfatizando aspectos ontológicos e epistemológicos. Vale ressaltar que esse arcabouço conceitual trata-se de uma ferramenta complementar para o campo de estudo da computação reconfigurável, não é objetivo deste arcabouço servir como fonte única de referência nem mesmo substituir nenhuma obra existente na literatura.

Método de Pesquisa

De acordo com (Lakatos e Marconi, 2003), o método científico é a linha de raciocínio adotada no processo de pesquisa. Para (Wazlawick, 2009) o método científico consiste na sequência de passos necessários para demonstrar que o objetivo proposto foi atingido, assim, consolidando que o método de pesquisa é fundamental para sucesso do trabalho científico.

Conforme (Yin, 2005) o método contém os procedimentos e as regras gerais a serem seguidas para o atingimento de um objetivo. Trata-se de uma maneira importante de aumentar a confiabilidade da pesquisa e se destina a orientar o investigador na realização da coleta de dados, desenvolvimento e validação dessa pesquisa.

Este trabalho busca, através da análise quantitativa e qualitativa, examinar a relação entre os principais conceitos que envolvem o campo da computação reconfigurável, com o objetivo de se construir um arcabouço conceitual.

Segundo (Tichy *et al.*, 1995) trabalhos que possuem como contribuição principal a coleta, análise e interpretação sobre fenômenos conhecidos, são tratados como trabalhos empíricos, como é o caso desta pesquisa. Complementando a definição do termo empírico (Kerlinger, 1979) define como sendo um estudo guiado pela evidência obtida em pesquisa científica sistemática e contralada.

Esta pesquisa também apresenta características não-experimentais, que consiste no estudo de fenômenos sem a intervenção sistemática do pesquisador, pois ele age apenas observando e tirando conclusões a partir de um arcabouço teórico preconcebido (Wazlawick, 2009). Com relação ao método de abordagem, este trabalho é constituído de acordo com o que (Lakatos e Marconi, 2003) define como método indutivo, que se baseia na observação dos fenômenos e na relação entre eles.

Em pesquisas de natureza observatória como é o caso deste trabalho, um método de pesquisa bem definido e claro é essencial para a consistência dos resultados. O fluxograma abaixo descreve visualmente as etapas que compõem o processo de criação do conhecimento realizado nesta pesquisa.

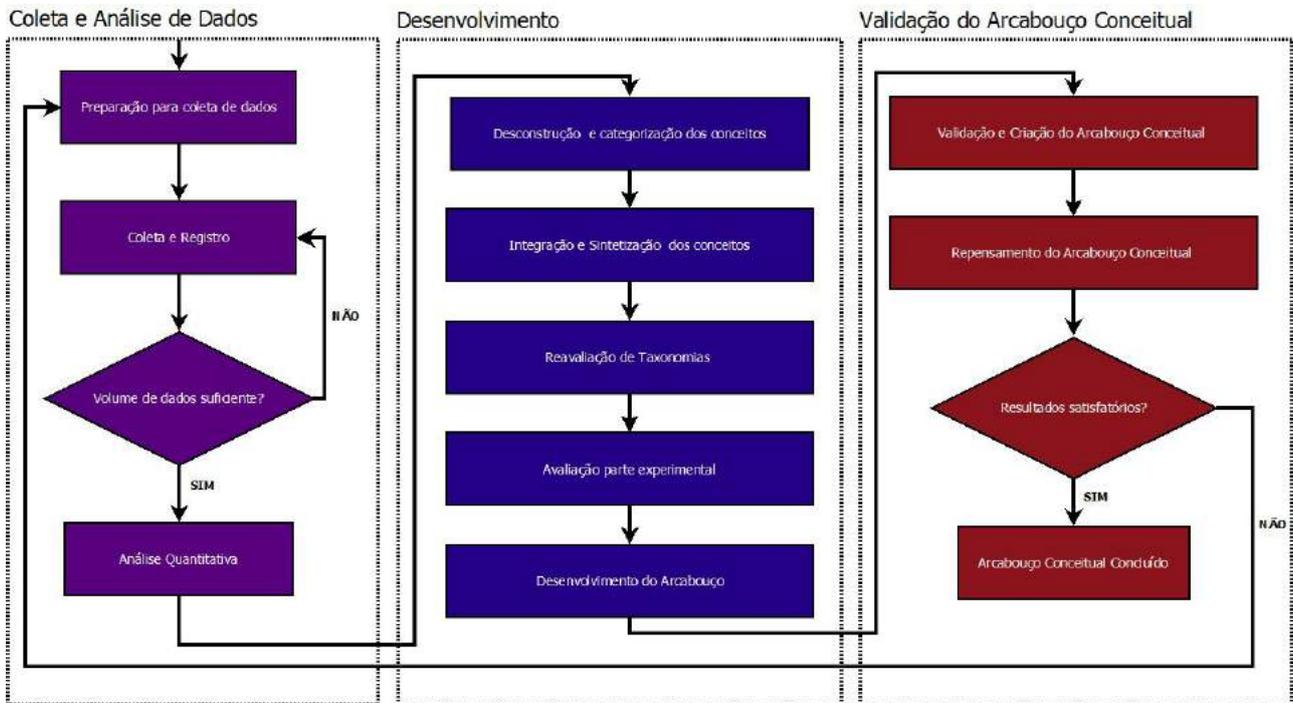


Figura 3.1: fluxograma contendo as etapas para construção do conhecimento

O método de pesquisa deste trabalho ilustrado na figura 3.1 se divide em três macro etapas, são elas: Coleta e Análise de dados, Desenvolvimento e Validação do Arcabouço Conceitual. O detalhamento de cada macro etapa bem como as técnicas utilizadas são discutidas nas seções sub-sequentes deste trabalho.

3.1 Coleta e Análise de Dados

Esta macro etapa está dividida em três etapas e consiste em realizar o mapeamento das fontes de dados e a extensiva leitura e categorização dos mesmos. Na primeira etapa é realizado a preparação para a coleta de dados através da identificação dos elementos que serão analisados e a definição do tamanho do universo de análise. A segunda etapa consiste em coletar e registrar as amostras para análise. A terceira etapa é responsável pela extensiva leitura e categorização das informações, bem como o registro das mesmas na base de dados.

A preparação para a coleta e análise de dados é uma tarefa complexa e difícil, se não for bem planejada todo o estudo pode ser prejudicado juntamente com todo o trabalho prévio (Yin, 2005). Para garantir a validade da pesquisa e aumentar a confiabilidade das

evidências,(Yin, 2005) define três princípios básicos para coleta e análise de dados, são eles:

1. Uso de múltiplas fontes de evidências: múltiplas fonte de evidências proporcionam essencialmente, várias avaliações do mesmo fenômeno. Trabalhos que utilizam múltiplas fontes de evidências possuem qualidade geral maior do que trabalhos que não utilizam.
2. Consolidação de uma base de dados para o estudo: independente da forma ou conteúdo, as informações da pesquisa devem ser guardadas de maneira que outras pessoas ou até o mesmo o próprio autor possam recuperá-las eficientemente no futuro.
3. Encadeamento de evidências: O princípio é garantir que qualquer observador externo, partindo das questões iniciais de pesquisa consiga seguir o método e finalizar as conclusões.

Os princípios apresentados por (Yin, 2005) foram adaptados e utilizados dentro do contexto desta pesquisa conforme ilustra a 3.2.

Aplicação dos princípios básicos para Coleta e Análise de Dados				
Princípio	O que é feito?	Quando é feito?	Como é feito?	Resultados obtidos
Múltiplas fontes de evidências	Definição do universo de análise.	Análise Quantitativa.	Análise bibliométrica e amostragem.	Obtenção de maior variação dos aspectos observados.
Criação da Base de dados	Uso sistemático da informação verbal, organização e documentação dos dados coletados.	Análise qualitativa.	Informações inseridas na base de dados conforme protocolo de análise.	Informações mensuráveis e narrativas.
Encadeamento das evidências	Avaliação da confiabilidade das informações inseridas na base de dados.	Análise qualitativa.	Protocolo de análise	Aumentar a confiabilidade da pesquisa.

Figura 3.2: Descrição da utilização dos princípios de coleta e análise de dados

As etapas sub-sequentes apresentam as técnicas utilizadas na análise quantitativa e qualitativa dessa pesquisa. Estas etapas foram planejadas mantendo a coerência com os princípios descrito na tabela 3.2.

3.1.1 Preparação para a coleta de dados

Esta etapa é responsável por realizar toda a preparação para coleta dos dados, definindo os elementos de análise, parâmetros para busca e o tamanho do universo de análise.

Conforme (Jabareen, 2009) a grande maioria das definições conceituais são apresentadas de forma textual e se encontram disseminadas na literatura através de manuscritos, artigos, jornais, revistas e livros, estes sendo as principais fontes de dados para esta pesquisa.

Após estabelecer que o universo de análise desta pesquisa deve conter elementos que possuam definições conceituais, em específico sobre os principais conceitos que envolvem o campo da computação reconfigurável (Arquiteturas reconfiguráveis, Sistemas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis), o mapeamento dos elementos de análise é realizado através da ferramenta online (IEEE, 2013), que realiza uma busca parametrizada através conferências, jornais e revistas de diversos veículos de publicação de trabalhos científicos.

Após uma análise inicial da ferramenta, utilizando uma busca parametrizada através dos títulos dos trabalhos, pode-se observar um número expressivo de trabalhos listados. Foram selecionados trabalhos os quais seus títulos possuíam algum termo relacionado com os desta pesquisa.

Os principais termos observados foram:

1. Computação reconfigurável;
2. Hardware reconfigurável;
3. Arquitetura reconfigurável;
4. FPGA;

A tabela 3.1 ilustra a quantidade de trabalho selecionado pela ferramenta. Estes trabalhos estão isentos da utilização de qualquer tipo de filtro adicional.

Tabela 3.1: Número de publicações selecionados pela ferramenta online

Termo utilizado	Quantidade de Trabalhos selecionados
Computação reconfigurável	5771
Hardware reconfigurável	6550
Arquitetura reconfigurável	9659
FPGA	24805

A quantidade de trabalhos selecionados para análise é bastante expressivo, do ponto de vista quantitativo, impossibilitando-se de realizar a análise qualitativa prevista nesta pesquisa. Diante disso, uma abordagem adotada foi selecionar apenas veículos de publicações com maior impacto dentro do campo da computação reconfigurável juntamente com um refinamento na escolha dos termos utilizados para a busca.

Para está abordagem, técnicas advindas da bibliometria e da estatística foram utilizadas com o objetivo de reduzir o número de elementos para análise e identificar os termos de busca que oferecem maior similaridade com os conceitos observados nesta pesquisa.

As seções 3.1.1.1 e 3.1.1.2 descrevem as técnicas utilizadas para manter a seleção dos termos de análise e a construção do universo de elementos para análise.

3.1.1.1 Bibliometria

Nesta etapa técnicas bibliométricas são utilizadas para auxiliar a identificar os principais termos que possuem relação direta com esta pesquisa. A relação é identificada quando um determinado trabalho analisado possui como descritores ou palavras-chave os termos observados nesta pesquisa, por exemplo, se as palavras "Arquitetura" e "Reconfigurável" possuem alta frequência de ocorrência dentro do texto ou se encontram na região de transição ¹, o trabalho analisado possui grande probabilidade de conter definições conceituais sobre os termos citados. Publicações, autores, palavras-chave, usuários, citações e veículos de publicações são alguns dos parâmetros observáveis em estudos bibliométricos da literatura.

Essa abordagem garante duas características importante para a esta etapa da pesquisa:

1. Identificação dos termos de busca: através da bibliometria será possível indicar os principais termos que possuem relação direta com os conceitos observados nesta pesquisa;
2. Aumento da confiabilidade: todos os trabalhos selecionados para análise possuem relação com os conceitos observados nesta pesquisa, resultando em um universo de análise mais homogêneo do ponto de vista conceitual.

Lei de Zipf e Ponto de Transição de Goffman

Conforme (Guedes e Borschiver, 2005) a bibliometria é uma área de estudo que usa métodos matemáticos e estatísticos para investigar e quantificar os processos de comunicação e escrita. Dentro da bibliometria a lei de Zipf é uma técnica que identifica a frequência de palavras dentro de um texto. O produto da ordem de série ² (R) de uma palavra pela sua frequência de ocorrência (F) é aproximadamente constante (C), a equação (3.1) descreve a primeira lei de zipf matematicamente.

$$R \cdot F = C \quad (3.1)$$

Segundo (Guedes e Borschiver, 2005) esta lei é elegante em sua simplicidade. Entretanto, ela se aplica somente a palavras de alta frequência de ocorrência em um texto. Uma derivação da primeira lei de Zipf conhecida como segunda lei de Zipf enuncia que, em um determinado texto, várias palavras de baixa frequência de ocorrência (alta ordem de série) têm a mesma frequência (Booth, 1967). A segunda lei de Zipf é apresentada

¹Conhecida como ponto de Goffman, é uma região gráfica onde se localizam as palavras de maior conteúdo semântico do texto.

²Representação temática da organização das palavras em ordem de acordo com quantidade de vezes que elas aparecem no texto.

matematicamente na equação (3.2)

$$\frac{I1}{In} = \frac{n(n+1)}{2} \quad (3.2)$$

onde (I1) representa a quantidade de palavras que possuem frequência 1 e In representa as palavras de frequência n , conforme (Guedes e Borschiver, 2005) o valor (2) trata-se de uma constante utilizada para trabalhos escritos em inglês e a expressão $(n(n+1)/2)$ corresponde à soma dos n primeiros números naturais, como por exemplo: $n = 5$, a soma de $1 + 2 + 3 + 4 + 5 = 15$.

Como proposto por (Booth, 1967), palavras que possuem baixa frequência de ocorrência tem seu número de ocorrência tendendo a 1, na equação (3.2) substituindo In por 1, temos a equação (3.3),

$$\frac{I1}{1} = \frac{n(n+1)}{2} \quad (3.3)$$

ou ainda rearranjando:

$$n^2 + n - 2I1 = 0 \quad (3.4)$$

Aplicando a fórmula de Bhaskara as raízes são:

$$n = \frac{-1 \pm \sqrt{1 + 8I1}}{2} \quad (3.5)$$

da expressão acima o que interessa é somente a parte positiva, pois o ponto de transição é observado somente no semi-eixo positivo do plano, então temos:

$$n = \frac{-1 + \sqrt{1 + 8I1}}{2} \quad (3.6)$$

O valor de n determinado pela equação (3.6) dá-se o nome de ponto de transição (T) de Goffman, conforme (Guedes e Borschiver, 2005), o ponto T de Goffman determina graficamente a localização onde ocorre a transição das palavras de baixa frequência para as de alta frequência, onde estão localizadas as palavras de maior conteúdo semântico (descritores, palavras-chave e termos de indexação) de um determinado texto, a figura 3.3 ilustra graficamente essas divisões.

A primeira zona de ocorrência é composta de palavras com um número elevado de ocorrências. Ela contém, acima de tudo, palavras cuja presença deve-se às razões de sintaxe (estrutura lingüística do idioma no qual é escrito o texto) (Guedes e Borschiver, 2005). Já a segunda zona, conforme se caracteriza, sobretudo, pelo fato de conter uma quantidade maior de representantes de categorias morfológicas “informativas” que a primeira zona, tais como: substantivo, adjetivo, verbo, entretanto, as formas gramaticais citadas na primeira zona ocorrem, ainda, sobretudo no topo dessa segunda zona e a terceira zona é

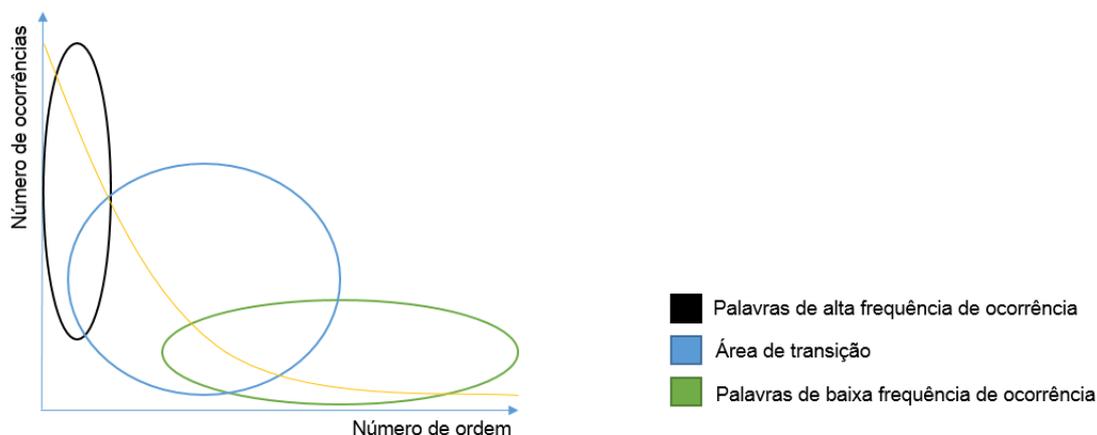


Figura 3.3: Divisão das zonas de ocorrência de palavras

composta por formas que ocorrem uma única vez e que representam freqüentemente 50% das formas distintas de um texto (Guedes e Borschiver, 2005).

Dentro do contexto desta análise quantitativa, a lei de zipf juntamente com ponto de transição T de Goffman tem como objetivo determinar os principais termos de um determinado texto científico e tecnológico.

É contribuição desta etapa indentificar os termos de busca que possuem maior relação os conceitos analisados nesta pesquisa. Para isso, foi selecionado manualmente trabalhos (Rose *et al.*, 2008) (Compton e Hauck, 2002) e (Hartenstein, 2001) que apresentam em seu conteúdo definições conceituais para o campo da computação reconfigurável e observado quais são as palavras de maior conteúdo semântico.

Para realização desta etapa foi necessário o desenvolvimento de uma ferramenta que realiza os cálculos bibliometricos apresentados. Foi utilizado o Software MATLAB³ para o desenvolvimento, a ferramenta deve atender aos requisitos listados.

1. Identificar do número total de palavras;
2. Calcular a frequência de ocorrência no texto (absoluta e relativa);
3. Calcular área de transição;
4. Identificar as palavras de alta frequência;
5. Identificar as palavras de alto teor semântico;

Como forma de certificar a validade dos resultados gerados pela ferramenta, utilizou-se a ferramenta online (Zipf Aplicação, 2013) para comparação dos resultados. Saliendo que, a ferramenta utilizada para comparação não atende todos os requisitos citados acima, ficando restrita somente ao cálculo do número de palavras bem a frequência de ocorrência.

³Plataforma de desenvolvimento de aplicações de alto desempenho, integra análise numérica e cálculo com matrizes.

As figuras 3.4 3.5 e 3.6 ilustra a aplicação da ferramenta nos trabalhos selecionados manualmente, nota-se similaridade com relação aos resultado, principalmente no que se refere a frequência de ocorrência no texto.

Reconfigurable Computing: A Survey of Systems and Software (KATHERINE COMPTON and SCOTT HAUCK)					
Trabalho analisado		Número total de Palavras	Número de palavras com a utilização de filtro	Palavras de alta frequência de ocorrência	Palavras de maior conteúdo semântico
Ferramenta online		23508	Não disponível	1252; the 764; of 669; a 603; and 505; to 353; in 332; reconfigurable 300; for 277; is 265; be 223; hardware 206; that 200; on 190; are 178; this 173; as 158; can 155; computing 149; logic 129; configuration	Não disponível
Ferramenta desenvolvida		23523	2561	reconfigurable - 334 hardware - 226 that - 206 this - 178 computing - 155 logic - 152 configuration - 129 fPGA - 127 routing - 122 circuit - 118 fPGAs - 116 with - 109 these - 104 systems - 103 time - 103 1998 - 98 programmable - 91	Reconfigurable, Hardware e Computing

Figura 3.4: Cálculos bibliometricos realizados sobre o trabalho

Pode-se observar que as palavras *reconfigurable* e *architecture* aparecem em duas das três análises como palavras de alto teor semântico e a palavra FPGA aparece em todas as análises como palavra de alta ocorrência no texto. Vale ressaltar que esses trabalhos foram escolhidos manualmente devido aos mesmos, apresentarem um ótimo embasamento conceitual sobre a computação reconfigurável.

Através desta etapa foi possível identificar as palavras-chaves que serão utilizadas na busca parametrizada dos elementos de análise.

A Decade of Reconfigurable Computing: a Visionary Retrospective (Reiner Hartenstein)					
Trabalho analisado		Número total de Palavras	Número de palavras com a utilização de filtro	Palavras de alta frequência de ocorrência	Palavras de maior conteúdo semântico
Ferramenta online		9407	Não disponível	278; a 260; the 224; and 192; of 180; for 122; to 97; is 86; by 65; reconfigurable 61; data 59; with 58; in 54; bit 54; memory 52; or 51; array 49; routing 48; an 48; are 47; 2 47; 4 45; ra 43; fig 39; architecture	Não disponível
Ferramenta desenvolvida		9428	1715	data - 67 reconfigurable - 65 with - 59 memory - 54 array - 51 routing - 49 time - 46 architecture - 38 compiler - 38 design - 37 from - 36 proc - 35 mapping - 34 communication - 33 based - 32 architectures - 30 computing - 30	Reconfigurable, Architecture, Architectures e Computing

Figura 3.5: Cálculos bibliométricos realizados sobre o trabalho

3.1.1.2 Amostragem Estratificada Proporcional

Esta etapa utiliza técnicas estatísticas, mais especificamente de amostragem. Esta técnica permite direcionar a realização do análise somente em uma parte da a população e ainda garantir que o estudo permaneça confiável e válido.

É compreensível que um estudo envolvendo todos os elementos da população possibilita um maior conhecimento das variáveis que estão sendo analisadas; no entanto, nem sempre é possível analisar todos os elementos da população. Conforme (Barbetta, 2008) existem quatro razões para utilização da amostragem.

1. Economia - Em geral, torna-se bem mais econômico o levantamento de somente uma

FPGA Architecture: Survey and Challenges (Ian Kuon, Russell Tessier and Jonathan Rose)					
Trabalho analisado		Número total de Palavras	Número de palavras com a utilização de filtro	Palavras de alta frequência de ocorrência	Palavras de maior conteúdo semântico
Ferramenta online		35439	Não disponível	1539; the 1091; of 895; and 751; a 742; in 714; to 465; logic 378; for 363; is 348; fpga 307; that 298; h 287; routing 244; be 244; on 242; this 237; block 226; are 219; fpgas 215; as 212; architecture	Não disponível
Ferramenta desenvolvida		35521	3330	logic - 446 fPGA - 363 that - 307 routing - 288 block - 243 this - 242 fPGAs - 218 architecture - 217 area - 189 with - 176 blocks - 174 programmable - 169 design - 154	FPGA e Architecture

Figura 3.6: Cálculos bibliometricos realizados sobre o trabalho

parte da população.

2. Tempo - Redução de tempo com relação ao espaço amostral.
3. A Confiabilidade dos dados - Quando se pesquisa um número reduzido de elementos, pode-se dar mais atenção aos casos individuais, evitando erros nas respostas.
4. Operacionalidade - É mais fácil realizar operações de pequena escala.

Segundo (Barbetta, 2008) uma técnica de amostragem que consiste em dividir a população em subgrupos (estratos) é chamada de amostragem estratificada. Estes estratos devem ser internamente mais homogêneos do que toda a população, com respeito às variáveis em estudo. O processo de sub-divisão da população em sub-populações mais homogêneas resulta num sensível ganho de precisão nas estimativas da amostra, pois na amostragem aleatória simples (AAS)⁴, uma amostra é obtida para toda população alvo,

⁴Amostragem aleatória simples: Processo de amostragem que considera toda população com caracte-

na amostragem estratificada uma AAS é obtida para cada estrato. A amostra completa da população é obtida através da agregação das amostras de cada estrato (Barbetta, 2008). Para exemplificar a caracterização de um estrato, pode-se imaginar uma população munida de homens e mulheres, onde os principais aspectos observáveis são influenciados por um domínio psicológico entre os sexos, como exemplo, a capacidade de o indivíduo da população gostar ou não de futebol. Considerando toda a população homogênea, teria-se um grande problema, imagine que grande parte da amostra selecionada para análise seja composta somente de indivíduos do sexo feminino, isso levaria a resultados e suposições não válidas com relação ao comportamento da população. A utilização de estratos no caso citado, permite analisar cada classe da população (homens e mulheres) da população, dando a ênfase necessária para cada estrato.

Os elementos de análise desta pesquisa em sua maior parte são compostos por publicações científicas. Os veículos utilizados para a publicação dos trabalhos (conferências, jornais e revistas), possuem influência direta sobre a qualidade dos mesmos, veículos de publicação com maior índice de qualidade oferecem trabalhos com maior teor científico. Dentro do contexto desta análise podemos afirmar que trabalhos publicados em um mesmo veículo de publicação possuem características mais homogêneas com relação ao teor científico dos trabalhos. Essas características são similares quando se analisa trabalhos publicados de um mesmo veículo de publicação, porém são discrepantes, quando se compara com trabalhos de outros veículos de publicação. Diante dessas características homogêneas (Trabalhos de um mesmo veículo) e heterogêneas (Trabalhos de veículos diferentes) classifica-se o veículo de publicação como um estrato.

Para definição do universo de análise, uma vez já definido os estratos (no caso dessa pesquisa somente o veículo de publicação) outros parâmetros precisam ser calculados, tais como: erro amostral, intervalo de confiança e tamanho da amostra.

Tamanho da População

População segundo (Barbetta, 2008) é um conjunto de elementos passíveis de serem mensurados ou ainda como (Triola, 1999) é uma coleção de todos os elementos de estudo. Nos termos desta pesquisa, população é um conjunto de elementos que compartilham de pelo menos uma característica em comum. A população é composta por trabalhos científicos de um determinado tema, publicados em diferentes veículos de divulgação.

De acordo com as informações apresentadas na tabela 3.1, existe um número expressivo de publicações científicas e o principal fator para essa grande quantidade de trabalhos é uma grande quantidade de veículos de publicações. Diante disso, somente veículos cujo os temas sejam diretamente relacionados com o tema desta pesquisa são analisados. As bases selecionadas para essa pesquisa são descritas nas tabelas 3.2 e 3.3 :

Tabela 3.2: Veículos de publicações utilizados (Revistas)

Veículo (Revistas)	Período	Qualis
IJRC	2008 - 2013	Qualis C
TRETS	2008 - 2013	Qualis B2

Tabela 3.3: Veículos de publicações utilizados (Conferências)

Veículo (Revistas)	Período	Qualis
DATE	2006 - 2013	Qualis A1
FCCM	1999 - 2013	Qualis A2
FPL	2006 - 2013	Qualis A2
RECONFIG	2005 - 2013	Qualis B4
FPT	2002 - 2013	Qualis A
FPGA	1995 - 1996	Qualis A2
DAC/ASP-DAC	1995 - 2013	Qualis A1

Conforme a etapa de bibliometria 3.1.1.1, os termos *reconfigurable*, *architecture* e *FPGA* foram selecionados como palavras de maior conteúdo semântico e maior número de ocorrência dentro do texto, lembrando que essa análise foi realizada utilizando trabalhos que apresentam um ótima fundamentação conceitual para computação reconfigurável.

Dessa forma, esses termos são utilizados como palavras-chaves para realizar as buscas das amostras para o universo de análise. A palavra de busca utilizada na ferramenta online (IEEE, 2013) é a seguinte (*((("Document Title":Reconfigurable) AND "Document Title":Architecture) OR "Document Title":FPGA)*), dessa forma trabalhos que possuírem as palavras *reconfigurable* e *architecture* ou *FPGA* no título, serão catalogado para posteriormente serem submetidos a o processo de amostragem.

A figura 3.7 descreve visualmente o número de trabalhos selecionados, somente utilizando os veículos escolhidos e as palavras definidas acima como parâmetro de busca. O número de trabalhos selecionados é utilizado como base para o cálculo do universo amostral.

Conforme as informações apresentadas através da figura 3.7, pode-se inferir que o tamanho da população é de 1508 elementos.

Intervalo de Confiança

Conforme (Triola, 1999), intervalo de confiança é um intervalo de valores que tem a probabilidade de conter o verdadeiro valor da população e que o grau de confiança é a probabilidade expressa com valor percentual do intervalo de confiança conter o verdadeiro valor do parâmetro populacional. Existem três escolhas mais comuns para grau de confiança conforme (Triola, 1999), a tabela 3.4 ilustra o grau de confiança juntamente com o

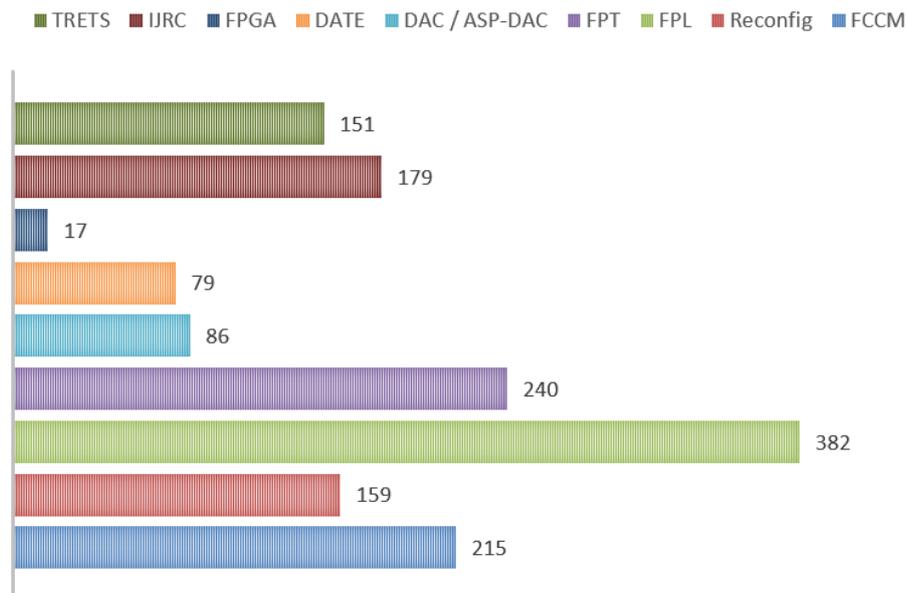


Figura 3.7: Número de Publicações nos principais veículos de divulgação

valor crítico que é utilizado para realização dos cálculos.

Tabela 3.4: Valores críticos associados ao grau de confiança na amostra

Grau de confiança	α	Valor Crítico
90%	0,10	1,645
95%	0,05	1,96
99%	0,01	2,575

Trabalhos científicos, em grande parte, abordam aspectos teóricos e práticos, concluindo que o embasamento teórico apresentado nos trabalhos é uma forte evidência para conter definições conceituais sobre o campo de estudo. O grau de confiança de 95% foi adotado para os cálculos estatísticos nesta pesquisa presumindo que grande parte dos elementos analisados possuem chances de conter dados relevantes para está pesquisa.

Erro amostral tolerável

Está claro que uma amostra não representa fielmente uma população. Quando utiliza-se dos artifícios da amostragem, faz-se necessário considerar uma taxa de erro amostral nos cálculos. Não se pode evitar a ocorrência do erro amostral, porém pode-se trabalhar limitando sua atuação (Triola, 1999).

Conforme (Oliveira e Grácio, 2005) Considerando que o erro amostral tolerável representa o quanto o pesquisador admite errar na estimação dos parâmetros, ou seja, o intervalo em torno do valor que a estatística acusa, dentro do qual encontra-se o verdadeiro valor do parâmetro que se deseja estimar. Quanto menor o erro amostral tolerado, maior será o tamanho da amostra para que se possa obter essa maior precisão.

A especificação do erro amostral é feita sob um enfoque probabilístico, pois, por maior que seja o tamanho da amostra, sempre se tem o risco de selecionar elementos com características diferentes das da população de onde ele está inserido. Para o cálculo do tamanho da amostra dessa pesquisa um erro amostral tolerável de 5% foi utilizado.

Tamanho da Amostra

A determinação do tamanho de uma amostra é um estudo de grande importância, pois amostras desnecessariamente grandes acarretam desperdício de tempo e amostras demasiadamente pequenas podem levar a resultados não confiáveis (Oliveira e Grácio, 2005).

Para os casos onde se considera a população finita, como é o caso da população utilizada nesta pesquisa, a fórmula 3.10 é aplicada. Conforme (Triola, 1999) essa fórmula é utilizada para casos que possuem ou não uma estimativa da proporção populacional parâmetros (p e q). A proporção populacional identifica a quantidade de elementos que pertence a categoria que está sendo analisada, trata-se de uma proporção já conhecida de estudos anteriores. Em casos que não é possível identificar esses parâmetros de proporcionalidade, substitui-se os valores de (p e q) por 0,5 conforme (Levine e Stephan, 2000).

$$n = \frac{N \cdot p \cdot q \cdot (Z_{\alpha/2})^2}{p \cdot q \cdot (Z_{\alpha/2})^2 + (N - 1) \cdot E^2} \quad (3.7)$$

onde:

N = População.

n = Tamanho da Amostra.

$Z_{\alpha/2}$ = Valor crítico que corresponde ao grau de confiança desejado.

E = Margem de erro amostral tolerável.

p = Proporção populacional de elementos que pertence a categoria que está sendo estudada.

q = Proporção populacional de elementos que NÃO pertence a categoria que está sendo estudada ($q = 1 - p$).

Utilizando-se dos dados fornecidos nas seções anteriores, podemos reescrever a equação

da seguinte forma,

$$n = \frac{1508 \cdot 0,5 \cdot 0,5 \cdot (1,96)^2}{p \cdot q \cdot (1,96)^2 + (1508 - 1) \cdot 0,05^2} \quad (3.8)$$

onde,

$$n = 306,73 \quad (3.9)$$

Utilizando da regra do arredondamento,

$$n = 307 \quad (3.10)$$

Para esta pesquisa foi utilizado a equação (3.10) por se tratar de um universo finito de trabalhos. De acordo com a equação (3.10), utilizando-se dos parâmetros definidos anteriormente temos um universo amostral equivalente a 307 trabalhos para uma população de 1508 publicações.

Proporcionalidade

É importante ressaltar que a principal característica da amostragem estratificada utilizada neste trabalho é a proporcionalidade, ou seja, manter a proporção da amostra com relação a proporção dos estratos. Diante disso, veículos de publicação que possuem maior número de trabalhos irão possuir um tamanho amostral maior.

A figura 3.8 ilustra visualmente essa relação de proporcionalidade bem como a quantidade de trabalhos que devem ser selecionados para a etapa de análise qualitativa, utilizando como critério de proporcionalidade o volume de trabalhos em cada veículo de publicação.

3.1.2 Coleta e Registro

Esta etapa consiste em realizar a coleta dos elementos de análise, conforme definidos na etapa anterior e definir estratégias para análise e registro das informações relevantes para a pesquisa. A coleta das informações é feita de forma incremental conforme definido no protocolo de análise 3.1.2.1 deste trabalho.

O arcabouço conceitual pretendido com esse trabalho é construído através de um estudo empírico baseado na observação das principais definições conceituais da computação reconfigurável. O universo de análise definido na seção 3.1.1.2 é composto de artigos científicos publicados, cujas definições conceituais são apresentadas de forma fragmentada no texto e fazem sentido somente para o contexto em que elas se encontram.

Uma estratégia que permita manter a regularidade na observação das informações relevantes, evitando assim que se perca o foco dentro do contexto faz-se necessária, pois as definições conceituais são apresentadas sem um encadeamento lógico dentro do texto,

População																			
Veículo de Publicação	Ano de Publicação																		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
FCCM	0	0	0	0	12	0	16	0	12	15	17	16	18	20	22	13	20	15	19
Reconfig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	21	0	21	31	31	25	24	24	0
FPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	50	62	61	42	41	51	51	0
FPT	0	0	0	0	0	27	30	0	0	25	0	27	37	50	24	20	20	0	0
DAC / ASP-DAC	11	0	0	0	0	3	1	7	3	13	0	10	5	12	6	7	3	5	7
DATE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	13	11	10	9	12	6	11	7	0
FPGA	11	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IJRC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	16	35	28	40	49	11
TRETS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	18	33	38	29	22	11
Publicações X Ano	22	6	0	0	12	3	16	28	49	18	43	150	89	179	240	214	191	195	53
Percentual com relação população	1,459	0,4	0	0	0,8	0,2	1,06	1,86	3,25	1,19	2,85	9,95	5,9	11,9	15,9	14,2	12,7	12,9	3,51
Amostragem Estratificada Proporcional com amostra representativa da população de 20.35809%																			
Veículo de Publicação	Ano de Publicação																		
	1995	1996	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008	2009	2010	2011	2012	2013
FCCM	0	0	0	0	2,44	0	3,26	0	2,44	3,05	3,46	3,26	3,66	4,07	4,48	2,65	4,07	3,05	3,87
Reconfig	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,65	4,28	0	4,28	6,31	5,09	4,89	4,89	0
FPL	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15,3	10,2	12,6	12,4	8,55	8,35	10,4	10,4	0
FPT	0	0	0	0	0	0	0	5,5	6,11	0	5,09	0	5,5	7,53	10,2	4,89	4,89	4,07	0
DAC / ASP-DAC	2,239	0	0	0	0	0,61	0	0,2	1,43	0,61	2,65	0	2,04	1,02	2,44	1,72	1,43	0,61	1,02
DATE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2,65	2,24	2,04	1,83	2,44	1,22	2,24	1,43
FPGA	2,239	1,22	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
IJRC	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,26	7,13	5,7	8,14	9,98	2,24
TRETS	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3,66	6,72	7,74	5,9	4,48	2,24
Total	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508	1508
Percentual com relação a População Total (%)	14,25729443	10,54376658	25,33156499	15,91511936	5,702917772	5,23872679	1,127320955	11,87002653	10,0132626										

Figura 3.8: Proporcionalidade da amostra com relação aos estratos

conceituais são observadas, isto faz-se necessário pelo fato de as mesmas se encontrarem na maioria dos casos fragmentadas e desconexas dentro texto.

Esse modelo espiral proposto como protocolo de análise nesta pesquisa, garante que todos os fragmentos de definições conceituais observados nos artigos analisados sejam sempre correlacionados com o contexto do trabalho. As etapas de interações do protocolo tendem a reduzir os aspectos observados conforme vão convergindo, ou seja, começam a fazer sentido dentro do contexto. A fase 'Planejamento' é responsável por reconfigurar o escopo de análise para a próxima interação e a fase de 'Processo' por efetivamente registrar os resultados obtidos.

Vale ressaltar que esse protocolo de análise é uma ferramenta auxiliar que objetiva manter o pesquisador dentro do foco da pesquisa, sendo aplicado em cada trabalho selecionado para análise. Apesar do foco deste etapa ser na observação das definições conceituais, outros aspectos são observados com o intuito de acrescentar mais valor a pesquisa e enriquecer a discussão sobre os termos analisados. Abaixo é apresentado todos os aspectos observados, coletados e registrados. Um detalhamento maior é oferecido na seção 3.1.3.

1. Identificação das informações pré-textuais (título, Autores, Ano, Veículo,etc.);
2. Definições conceituais sobre os termos Arquitetura reconfigurável, Sistemas reconfigurável e Dispositivo reocnfigurável;
3. Avaliação das taxonomias;
4. Parte experimental;
5. Informações narrativas;

De acordo com (Yin, 2005) para todo processo de análise e coleta de dados deve-se desenvolver uma maneira formal de armazenar os dados, apresentável que, em princípio, permita que outros pesquisadores revisem a evidência diretamente. Dentro desse contexto, pode-se afirmar que uma forma de armazenamento de dados aumenta notavelmente a confiabilidade do estudo.

A execução do protocolo de análise em toda extensão do universo de análise resulta automaticamente na criação e atualização da base de dados.

3.1.3 Análise qualitativa

Nesta etapa é realizada a examinação e a exploração das informações nas amostras. Esta etapa é composta basicamente de quatro fases, análise textual, onde-se examina todos os aspectos definidos para esta pesquisa, análise de contexto, esta sendo importante para manter o enadeamento das evidências e por fim as fases de processo e planejamento.

Estruturalmente, os trabalhos científicos analisados possuem elementos pré-textuais, textuais e pós-textuais. Esses elementos em um senso mais amplo, além de definir a estrutura do trabalho científico, determinam a forma como as informações se posicionam e são descritas. A figura 3.11 descreve os principais aspectos desta estrutura.

Estrutura do Trabalho Científico		
Elementos Pré-Textuais	Elementos Textuais	Elementos Pós-Textuais
Veículo de Publicação	Resumo	
Título do Trabalho	Introdução	
Nome dos autores	Referencial Teórico	Apêndices
Ano de Publicação	Desenvolvimento	Anexos
Número de páginas	Parte Experimental	Bibliografia
	Análise de Resultados	
	Conclusão	

Figura 3.10: Estrutura dos trabalhos científicos publicados

Informações pós-textuais habitualmente não fazem parte da estrutura de trabalhos científicos, porém algumas definições conceituais contidas nesta pesquisa foram retiradas de livros e *surveys*, tais como (Moreno *et al.*, 2005) (Hartenstein, 2007) (Hauck e DeHon, 2010) (Rose *et al.*, 2008) e (Compton e Hauck, 2002).

Os elementos textuais descritos na tabela 3.11 servem de guia na realização da análise qualitativa, orientando-o com relação as partes do texto que devem ser analisadas com maior ênfase ou não em determinada fase de análise.

Análise textual

Como já mencionado anteriormente, na fase de análise textual define-se todos os aspectos observados nos elementos de amostra, além de aspectos que envolvem definições conceituais, outros são analisados como forma de enriquecer o estudo.

Definições conceituais sobre Arquitetura reconfigurável, Sistema reconfigurável e Dispositivo reconfigurável são o principal foco de análise desta fase. Abaixo segue um breve descrição dos outros aspectos observados.

1. Identificação das informações pré-textuais (título, Autores, Ano, Veículo, etc.) - Aspectos utilizados para fins comparativos e levantamento prospectivo com relação ao número de publicações e ano.
2. Definições conceituais sobre os termos Arquitetura reconfigurável, Sistemas reconfigurável e Dispositivo reconfigurável - Esse talvez o principal foco desta fase, sendo essencial para a construção do arcabouço;
3. Avaliação das taxonomias - Autores como (Radunovic e Milutinovic, 1998) (Sanchez *et al.*, 1999) e (Page, 1996) tentaram inferir critérios de classificação para sistemas e arquiteturas reconfiguráveis baseado nas principais propriedades desses termos. Uma reavaliação desses termos, tendo como base toda a análise conceitual realizada neste trabalho é uma importante contribuição;

4. Parte experimental - Trabalhos desenvolvidos na computação reconfigurável, possuem características teóricas e práticas, uma avaliação quantitativa na parte experimental dos trabalhos, fornece parâmetros para avaliar a qualidade dos experimentos realizados ;
5. Informações narrativas - A computação reconfigurável é largamente utilizada como solução computacional para uma série de problemas complexos. A identificação da motivação e a justificativa para a utilização da computação reconfigurável, nos permite traçar importantes tendências dentro do campo de estudo;

As figuras 3.11 3.12 e 3.13 ilustram todos os aspectos observados na análise textual do protocolo de análise, descrevendo os dados que são coletados, a forma que é realizado e onde estão localizados dentro da estrutura do trabalho.

Análise de Contexto

Nesta fase identifica-se o trecho no qual o trabalho se encaixa. Algumas perguntas tais como: 'o que o trabalho aborda?', 'para qual público o trabalho é destinado?' e 'qual a área de aplicação do trabalho?' são questões que ajudam a orientar o desenvolvedor da análise sobre o contexto do trabalho analisado.

A análise de contexto conforme prevista no protocolo, trata-se de um processo iterativo, onde a cada fase de iteração sofre um processo de reavaliação sendo incrementado com novas informações, isso faz-se necessário pois dificilmente o contexto do trabalho é apresentado de forma clara e explícita. É importante observar que, grande parte dos resultados gerados nessa etapa são registrados de forma narrativa.

Processo

Na fase de processo, ocorre devidamente o registro e atualização das informações observadas. Esta fase é responsável por sempre reavaliar o contexto do trabalho analisado procurando inserir novas observações, esse processo também é realizado para as informações narrativas. Esse fase do protocolo de pesquisa é responsável por manter o encadeamento das evidências observadas.

Planejamento

Na fase de planejamento, observa-se quais aspectos estão convergindo ou já convergiram, ou seja, aspectos que não necessitam mais ser analisados em um determinado trabalho, como por exemplo, informações sobre o dispositivo utilizado ou parâmetros da aplicação, são aspectos que não se alteram no decorrer da análise. Dessa forma, essa fase é responsável por realizar a redução do escopo de análise para a fase de análise textual.

Fases do Protocolo de Análise	Informações observadas e examinadas	O que é examinado?	Como é examinado?	Onde é examinado?	
Análise Textual	Identificação	Título	Informação referente ao título do trabalho.	Leitura da parte inicial dos trabalhos.	Elementos Pré-Textuais.
		Autores	Informação referente aos autores do trabalho.	Leitura da parte inicial dos trabalhos.	Elementos Pré-Textuais.
		Ano	Informação referente ao ano de publicação do trabalho.	Leitura da parte inicial dos trabalhos.	Elementos Pré-Textuais.
		Veículo	Informação referente ao veículo de publicação.	Leitura da parte inicial dos trabalhos.	Elementos Pré-Textuais.
		Número de Páginas	Informação referente ao número de páginas do trabalho.	Leitura da parte inicial dos trabalhos.	Elementos Pré-Textuais.
		Citações	Informação referente ao número de citações do trabalho.	Análise na ferramenta de busca	Ferramenta de busca
Informações narrativas	Justificativa para aplicação dos conceitos	Justificativa para utilização da computação reconfigurável para atingimento dos resultados.	Extensa leitura do trabalho com ênfase na parte introdutória, referencial teórico e conclusão do trabalho.	Elementos Textuais.	
	Dispositivos Reconfiguráveis	Identificação do dispositivo reconfigurável utilizado	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elementos Textuais.	
	Sistemas Reconfiguráveis	Características do sistema reconfigurável em relação a reconfigurabilidade: - Reconfiguração (Dinâmica, Estática e ainda Parcial ou Total).	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elementos Textuais.	
	Arquiteturas Reconfiguráveis	Características da arquitetura reconfigurável, tais como: - Puramente reconfigurável. - híbridas. - Grão (Grosso, médio ou Fino). - Rede (reconfigurável ou fixa). - Integração (fortemente ou fracamente acoplada).	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elementos Textuais.	

Figura 3.11: Descrição das informações observadas na Análise Textual

Fases do Protocolo de Análise	Informações observadas e examinadas	O que é examinado?	Como é examinado?	Onde é examinado?
Análise Textual	Finalidade	Identificação da motivação do trabalho, caso seja algum protótipo, para qual área foi desenvolvido e sua atuação.	Leitura da parte introdutória bem como o resumo do trabalho complementando com a parte de conclusão.	Elementos Textuais.
	Objetivos da Arquitetura	Identificação dos objetivos da arquitetura com base na taxonomia OLIMPO : - Tolerância a Falhas. - Acrecimento de Velocidade.	Extensa leitura com ênfase na parte introdutória, referencial teórico e conclusão do trabalho.	Elementos Textuais.
	Classificação do Trabalho	Classificação proposta por (Tichy 1995) para avaliação da parte experimental dos trabalhos. Teoria formal: Essa categoria contém trabalhos os quais tem como contribuição principal proposições tratáveis, teoremas e suas provas. Trabalhos empíricos: Trabalhos nessa categoria tem como contribuição principal coleta, análise e interpretação sobre design conhecidos, ou sobre teorias abstratas, com ênfase na avaliação do novo modelo ou design. Hipótese e testes: Trabalhos nessa categoria são responsáveis por definir hipóteses e descrever experimentos para descrevê-las. Modelagem e desenvolvimento: A principal contribuição dos trabalhos nessa classe são sistemas, técnicas ou modelos os quais suas propriedades não podem ser provadas formalmente, softwares, ferramentas, etc.	Extensa leitura com ênfase na parte introdutória, referencial teórico e conclusão do trabalho.	Elementos Textuais.
	Número de páginas para avaliação experimental	Identificação do número de páginas reservado para descrever a parte experimental do trabalho.	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elementos Textuais.

Figura 3.12: Descrição das informações observadas na Análise Textual

Fases do Protocolo de Análise	Informações observadas e examinadas	O que é examinado?	Como é examinado?	Onde é examinado?
Análise Textual	Parâmetros Experimentais	Identificação da área apresentada pelo protótipo, ferramenta ou modelo construído, normalmente observada através do número de Silces, Elementos Lógicos, Blocos de Controle lógicos, etc.	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elerr entos Textuais e Pós-Textuais (Se pos
		Identificação dos parâmetros de desempenho, normalmente medido em Mbos (Mega Bits por Segundo).	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elerr entos Textuais e Pós-Textuais (Se pos
		Identificação das informações de Latência, normalmente medido em escala de tempo (s).	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elerr entos Textuais e Pós-Textuais (Se pos
		Identificação de informações com relação ao consumo de energia, medido normalmente em Watts (W).	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elerr entos Textuais e Pós-Textuais (Se pos
		Identificação da frequência utilizada no protótipo, medida em Hertz (Hz)	Leitura da parte experimental do trabalho.	Elerr entos Textuais e Pós-Textuais (Se pos
Definições Conceituais	Sistemas Reconfiguráveis	Identificação das definições conceituais que tratam Sistemas Reconfiguráveis.	Extensiva leitura do trabalhos, com ênfase nas partes: resumo, introdução, referencial teórico e conclusão.	Elementos Textuais.
		Identificação das definições conceituais que tratam Dispositivos Reconfiguráveis.	Extensiva leitura do trabalhos, com ênfase nas partes: resumo, introdução, referencial teórico e conclusão.	Elementos Textuais.
		Identificação das definições conceituais que tratam Arquiteturas Reconfiguráveis.	Extensiva leitura do trabalhos, com ênfase nas partes: resumo, introdução, referencial teórico e conclusão.	Elementos Textuais.

Figura 3.13: Descrição das informações observadas na Análise Textual

3.2 Desenvolvimento

Nesta macro etapa as definições conceituais sobre os termos Arquitetura reconfigurável, Dispositivo reconfigurável e Sistema reconfigurável, que foram levantados na fase de 3.1 serão reavaliados, organizados e integrados. Um dos métodos utilizados para tal estruturação é a avaliação da estrutura da definição conceitual, que permite a possibilidade de organização dos conceitos a partir da determinação do campo de interpretação do termo.

Conforme (Jabareen, 2009), definições conceituais são caracterizadas de acordo com seus componentes principais e seu papel dentro contexto. Definições que possuem atributos similares podem ser desestruturadas, organizadas e integradas gerando novas definições com mais qualidade e propriedade teórica.

As novas definições geradas nesta etapa de desenvolvimento, não ter objetivo de substituir as definições já existentes na literatura, mas sim, agregar mais valor e conteúdo a mesmas. As definições construídas nesta etapa serão submetidas ao método de validação DELPHI, conforme previsto nesta pesquisa, para verificar se as memas fazem sentido somente ao desenvolvedor da pesquisa ou para um grupo de especialistas.

3.2.1 Desconstrução e Categorização dos Conceitos

Esta etapa é responsável por organizar todas as definições conceituais observando seus principais componentes. Para o processo de desconstrução e categorização dos conceitos, os principais componentes e o contexto do trabalho são analisados com maior foco.

De acordo com os conceitos sobre Arquiteturas reconfiguráveis, Sistemas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis que são o objeto de estudo desta pesquisa, A figura 3.14 descreve os principais componentes desses conceitos de acordo com o estado da arte. Vale ressaltar que a computação reconfigurável não é definida somente por esses conceitos. O foco nesses conceitos é devido ao fato de haver uma significativa divergência de aplicação dos mesmo e também ao fato desses conceitos possuírem grande parte da fundamentação teórica do campo de estudo.

É importante ressaltar que as definições conceituais presentes nos trabalhos analisados compartilham de várias características. O Processo de desconstrução da definição conceitual é considerado e eficaz em casos que as definições conceituais possuem várias características, pois dessa forma dá-se a ênfase necessária para cada um delas. Como por exemplo, a figura 3.15 ilustra visualmente esse processo de análise.

Na figura 3.15 observa-se uma determinada definição conceitual para arquitetura reconfigurável retirada da literatura, observa-se três características marcantes na definição, Reconfigurabilidade, Escalabilidade e o alto grau de paralelismo, este último representando uma funcionalidade não propriamente uma característica do conceito.

Como resultado desta etapa tem-se uma série de definições conceituais categorizadas

Termo	Principais componentes	Propriedades
Arquitetura reconfigurável	Reconfigurabilidade; Configurabilidade; Configuração da Estrutura; Arquitetura de Roteamento;	Com relação a configuração e reconfiguração (Dinâmica ou Estática, Local ou remota, Parcial ou total); Com relação a estrutura (Topológica ou Espacial);
Sistema reconfigurável	Integração; Classificação;	Coprocessadores; Embarcados; Unidade Funcional; Sistemas autônomos;
Dispositivo reconfigurável	Granularidade; Elementos lógicos; Tecnologia de programação; Reconfigurabilidade; Programabilidade;	Com relação a granularidade (Fina ou Grossa); Com relação aos elementos lógicos (LUT's, ALU's, Flip-Flop's); Gestão de reconfiguração; Tecnologia de programação;

Figura 3.14: Principais componentes dos conceitos: Arquiteturas reconfiguráveis, Sistemas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis

Definição para Arquitetura reconfigurável

Plataforma que possui reconfiguração dinâmica do conjunto de instruções, Escalabilidade e alto nível de paralelismo.

Figura 3.15: Processo de desconstrução da definição

conforme seus principais componentes e propriedades.

3.2.2 Integração e Sintetização dos Conceitos

Nesta etapa ocorrem a integração das definições conceituais e a sintetização de novos conceitos a partir das principais características observadas na seção 3.2.1. Essa etapa contribui com o trabalho de duas formas. A primeira delas é reduzindo drasticamente o número de conceitos e a segunda é na geração de novas definições conceituais.

O processo de integração é responsável por combinar as definições conceituais que apresentam características semelhantes (Componentes e propriedades) em diferentes contextos, descartando definições que são conceitualmente idênticas. O Processo de sintetização é um modelo de análise interativo, onde o número máximo ou mínimo de análise das definições é o número suficiente para apresentar uma nova definição conceitual inteligível.

A figura 3.16 ilustra visualmente o processo de integração e sintetização, como exemplo foi utilizado somente duas definições sobre o termo Sistema reconfigurável retiradas da

literatura, observando como componente principal a integrabilidade.

Definição Conceitual	Principais componentes	Descrição da característica principal
Sistemas reconfiguráveis são largamente utilizados como coprocessadores em computadores convencionais, permitindo que partes críticas do software sejam implementadas em Hardware. Na maioria dos casos são capazes de implementar um sistema digital completo sem a necessidade do processador de propósito geral.	Integração	Utilização como coprocessadores; Capacidade de implementação de um sistema computacional completo, sem a necessidade de integração;
Sistemas reconfigurável é um plataforma que possui tecido reconfigurável integrado juntamente com um processador de propósito geral. Seu desempenho é limitado pela velocidade de comunicação entre Memória-CPU-FPGA.	integração	Utilização de um tecido reconfigurável integrado com um processador; Desempenho limitado pela velocidade do barramento;
Definição construída.		
Sistemas reconfiguráveis são plataformas largamente utilizadas como coprocessadores, onde o tecido reconfigurável é integrado juntamente com um microprocessador convencional, tendo seu desempenho limitado de acordo com a velocidade do barramento de comunicação entre a parte reconfigurável, processador e memória.		

Figura 3.16: Processo de integração e sintetização da nova definição

Como resultado nesta etapa, uma série de definições conceituais emergentes (similares ou não, com relação as definições encontradas na literatura) é apresentado para a etapa de validação, onde as mesmas serão submetidas a análise de um grupo de pesquisadores.

3.2.3 Reavaliação das Taxonomias

Esta etapa tem como objetivo analisar e reavaliar as taxonomias propostas por (Page, 1996) (Sanchez *et al.*, 1999) (Radunovic e Milutinovic, 1998) para classificação de sistemas reconfiguráveis. Nesta etapa o foco está na observação das características de classificação de arquiteturas e sistemas reconfiguráveis.

A taxonomia é um importante campo da ciência, sendo responsável por identificar, descrever, prover uma nomenclatura e classificação dos aspectos dentro da área de estudo. Analisando historicamente, os processos de classificação tiveram início nos tempos de Aristóteles (Grécia, 384-322 aC)¹⁰, que foi o primeiro a começar a utilizar os processos de classificação. Alguns termos definidos por Aristóteles, como animais invertebrados e vertebrados, são ainda comumente usados nos tempos atuais (Knapp, 2010).

Dentro da computação reconfigurável, de acordo com (Mesquita, 2002) as taxonomias de sistemas reconfiguráveis são complementada com a inclusão dos quesitos reconfigurabilidade e abrangência da reconfigurabilidade nos sistemas tradicionais. A escolha destes critérios busca a elaboração de um conjunto de características de classificação cujos elementos sejam ortogonais entre si.

No que tange a taxonomia OLIMPO (Radunovic e Milutinovic, 1998) trata-se de uma proposta de classificação para arquiteturas reconfiguráveis baseada nos critérios de objetivo da arquitetura, granularidade, integração e reconfigurabilidade da rede de interconexão (Mesquita, 2002). (Page, 1996) descreve um modelo de classificação para sistemas reconfiguráveis baseado na atuação dos mesmos como coprocessadores, arquitetura da memória e com relação à execução dos programas pelo sistema reconfigurável. (Sanchez

et al., 1999) propõem que um sistema reconfigurável pode ser classificado com relação a seu modelo de configuração: Estático ou Dinâmico.

O método utilizado para reavaliar as taxonomias é baseado na observação dos critérios de classificação descritos anteriormente dentro do contexto dos trabalhos analisados. A tabela 3.17 descreve as características e os critérios observados das taxonomias. Todas as definições apresentadas na tabela 3.17 foram extraídas do estudo realizado por (Mesquita, 2002) porém enquadrando-se nos moldes desta pesquisa.

Conceito	Critérios	Características	Descrição
Arquiteturas Reconfiguráveis	Objetivos	Tolerância a Falhas	É um dos primeiros campos onde a computação reconfigurável foi implementada. Durante a fabricação e a utilização, há uma certa possibilidade de que uma parte do circuito integrado tome-se defeituosa. Em arquiteturas clássicas implica que o circuito integrado inteiro está inutilizado. Contudo, numa arquitetura reconfigurável tolerante a falhas, o sistema ainda poderia continuar operando, pois é capaz de detectar e corrigir um certo conjunto de falhas.
		Aumento de Velocidade	Devido ao alto grau de paralelismo o uso de arquiteturas reconfiguráveis para incrementar o desempenho de sistemas é uma tecnologia que emergiu rapidamente a partir da década de 80, principalmente pela possibilidade de implementação de certos algoritmos lentos nos atuais processadores diretamente em hardware.
	Granularidade	Grão Grosso	Os FPGAs de grão grande possuem como principais elementos básicos unidades lógicas e aritméticas (ULAs) e/ou pequenos microprocessadores e memórias.
		Grão Médio	Os blocos lógicos dos FPGAs que têm grão médio freqüentemente contêm duas ou mais tabelas-verdade (look-up tables ou LUTs) e dois ou 2 mais flip-flops. A maioria das arquiteturas de FPGAs implementa a lógica em LUTs de quatro entradas.
		Grão Fino	Nos dispositivos com grão fino o principal elemento básico são blocos lógicos simples que normalmente contêm uma função lógica de duas entradas ou um multiplexador 4 para 1 e um flip-flop.
	Rede de interconexão entre as unidades reconfiguráveis	Rede Fixa	É uma arquitetura mais barata e mais simples. Pode não ser adequada para aplicações com computações intensivas, mas é suficiente para a maioria das aplicações.
		Rede Reconfigurável	Uma rede reconfigurável conecta todas as unidades reconfiguráveis, criando uma grande unidade reconfigurável virtual, garantindo uma maior escalabilidade.
	Integração	Sistemas Autônomos	Dada a carga inicial, o sistema adapta-se dinamicamente (e sem interferência externa) até que o resultado parcial convirja na direção de um resultado esperado.
		Sistemas Fortemente Acoplados	Unidades de reconfiguração atuam como unidades de execução do processador, e podem manipular dados diretamente de seus registradores, ou de um barramento comum.
		Sistemas Fracamente Acoplados	Unidades de reconfiguração são anexadas ao sistema como co-processadores, comumente ligado através de um barramento com o processador.
Sistemas Reconfiguráveis	Reconfiguração	Dinâmica	Envolve um a arquivo de configuração que pode mudar durante a execução de uma tarefa pelo FPGA. Tem como objetivos adaptação dinâmica a mudanças de especificação. A reconfiguração pode ser feita parcialmente ou totalmente.
		Estática	Possui pouca flexibilidade. A configuração do sistema ocorre antes do início da execução da tarefa. So permite ser reconfigurado após a execução, essa abordagem é a mais utilizada.

Figura 3.17: Descrição das características e critérios observados para reavaliação das taxonomias

Todos os dados apresentados na tabela 3.17 são previsto no protocolo de análise na

fase de análise textual conforme apresentado na tabela ??.

3.2.4 Avaliação da parte experimental das amostras

Esta etapa consiste através de uma análise quantitativa dos trabalhos publicados, apresentar uma breve avaliação da parte experimental dos trabalhos. Observando-se o número de páginas dos trabalhos destinado a parte experimental, pode-se observar um forte indício com relação a qualidade da parte experimental dos mesmos.

Trabalhos publicados dentro da área de computação em geral, são trabalhos que apresentam na sua grande maioria aspectos teóricos e práticos. O estudo realizado por (Tichy *et al.*, 1995), foi motivado pela imprecisão das informações experimentais contidas nos trabalhos dentro da área de pesquisa da computação. Para esta etapa, será analisado o número de páginas destinado a parte experimental dos trabalhos correlacionando com o número de páginas total do trabalho.

A fim de oferecer uma forma fácil de visualização e a possibilidade de direcionar uma análise mais detalhada sobre uma determinada classe de trabalhos, alguns critérios de classificação foram adotados. Os critérios são adotados de acordo com a contribuição científica do trabalho, (Tichy *et al.*, 1995) propôs o desenvolvimento de algumas classes, organizadas de acordo as soluções computacionais produzidas de um determinado trabalho. A divisão é composta pelas seguintes classes:

1. Teoria formal: Essa categoria contém trabalhos que possuem como contribuição principal, proposições tratáveis, teoremas e suas provas.
2. Trabalhos empíricos: Trabalhos nessa categoria tem como contribuição principal coleta, análise e interpretação sobre design conhecidos, ou sobre teorias abstratas, com ênfase na avaliação do novo modelo ou design. Como é o caso desta pesquisa
3. Hipótese e testes: Trabalhos nessa categoria são responsáveis por definir hipóteses e descrever experimentos para testá-las.
4. Modelagem e desenvolvimento: A principal contribuição dos trabalhos nessa classe são sistemas, técnicas ou modelos os quais suas propriedades não podem ser provadas formalmente, softwares, ferramentas, etc.

A avaliação da parte experimental será realizada somente em trabalhos que se encontram dentro da classe de modelagem e desenvolvimento, isso devido a esta classe reter quase todos os trabalhos publicados dentro da computação. Como critérios de avaliação, será analisado o número de páginas do trabalho que são destinadas a descrever todo o experimento juntamente com os resultados gerados.

Como resultado esta etapa irá fornecer parâmetros e indícios para criticar a forma como é realizado a a experimentação dos trabalhos. Entende-se que somente essa análise

quantitativa é insuficiente para verificar com exatidão a qualidade de um experimento, porém é suficiente para contribuir com uma avaliação prévia.

3.2.5 Desenvolvimento do Arcabouço Conceitual

Nesta etapa ocorre efetivamente desenvolvimento do arcabouço conceitual. Para uma pesquisa de características empíricas e não-experimentais envolvendo temas complexos como é o caso da computação reconfigurável, o arcabouço conceitual deve apresentar informações coerentes, consolidadas, verídicas e validadas sobre o campo de estudo. Fisicamente trata-se de um documento munido de várias páginas onde definições conceituais e suas principais propriedades, tendências e informações discursivas são apresentadas de forma gráfica e textual.

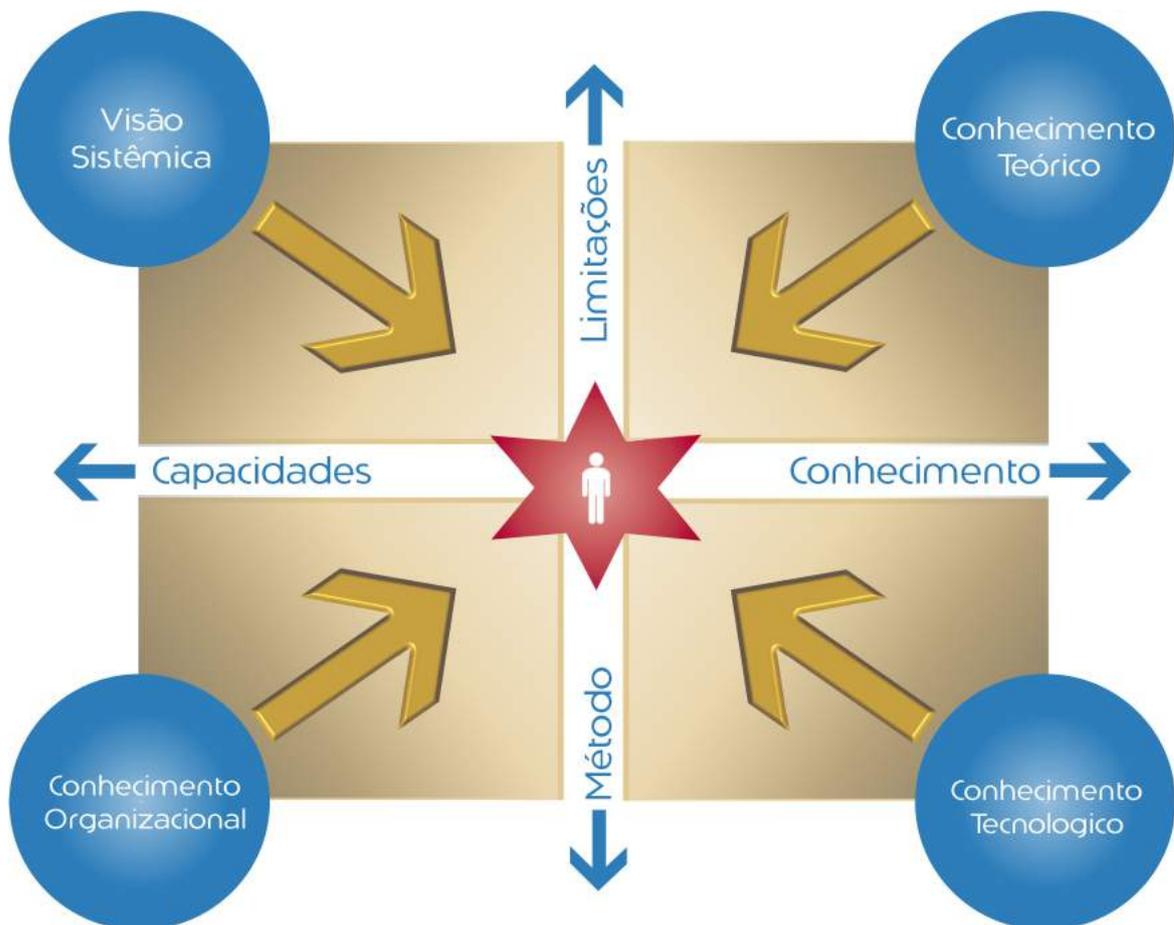


Figura 3.18: Contribuição do arcabouço conceitual para computação reconfigurável

A figura 3.18 descreve visualmente a contribuição gerada pelo arcabouço construído nesta pesquisa. Conhecimento teórico, tecnológico e organizacional são as principais contribuições.

A visão geral é destinada a prover um conhecimento histórico sobre quais foram os principais motivos que levaram ao surgimento da computação reconfigurável e utilização como paradigma computacional utilizado para resolução de problemas.

No conhecimento teórico, este arcabouço fornece definições conceituais consolidadas, apresentadas de forma objetiva e clara juntamente com todo um aparato teórico que envolve metodologia de projeto, taxonomias e tendências para a área. Com relação ao conhecimento tecnológico e descrito as tecnologias de programação utilizadas para o desenvolvimento de aplicações utilizando sistemas reconfiguráveis juntamente com informações sobre ferramentas e fabricantes de dispositivos reconfiguráveis. Com relação ao conhecimento organizacional, pretende orientar o leitor com relação aos níveis de abstração de aplicação dos conceitos dentro da computação reconfigurável.

É importante ressaltar que esse arcabouço conceitual tem características preditivas no sentido de prever resultados com base nos fenômenos estudados juntamente com uma característica explanatória e descritiva. Em termos gerais um arcabouço conceitual representa um conhecimento que terá um caráter dinâmico, sempre necessitando de novas revisões, inserções e comentários, tornando-se um trabalho incremental.

3.3 Validação do Arcabouço Conceitual

Esta macro etapa é responsável pela validação do arcabouço conceitual através de métodos condizentes a natureza desta pesquisa. Esta etapa contribui de consolidando todas as informações observadas (definições conceituais, tendências e taxonomias) através do método delphi.

3.3.1 Sistema de Validação

Nesta etapa efetivamente é realizado a validação das informações coletas. Verificam-se se todos os conceitos sintetizados na etapa de desenvolvimento 3.2 fazem sentido somente para o pesquisador envolvido no trabalho ou para um grupo de pesquisadores e especialistas da área.

O sistema de validação é construído através de duas fases, a primeira delas é a utilização de uma metodologia não-experimental, uma abordagem baseada no consenso de especialistas da área para um problema complexo, estudo apresentado na seção 3.3.1.1. A segunda fase consiste em avaliar a qualidade das informações teóricas geradas e utilizadas no desenvolvimento na pesquisa, descrito na seção 3.3.1.2. As duas abordagens utilizadas no sistema de validação são descritas detalhadamente nas seções sub-sequentes.

3.3.1.1 Método Delphi

Nesta fase a primeira abordagem do método de validação é executada. Um questionário de pesquisa é aplicado a uma série de especialistas cujo objetivo é encontrar um consenso comum com relação as informações examinadas e observadas na pesquisa.

De acordo com (Kayo e Securato, 1997), o Delphi é utilizado como método para estruturar um processo de comunicação grupal de maneira que o processo é efetivo em permitir a um grupo de indivíduos, como um todo, a lidar com um problema complexo. O objetivo do método é obter o mais confiável consenso entre os especialistas, utilizando do uso estruturado do conhecimento, da experiência e da criatividade de um painel de especialistas, pressupondo-se que o julgamento coletivo, quando organizado adequadamente, é melhor que a opinião de um só indivíduo (Wright e Giovinazzo, 2000).

Com relação a aplicação do método, diversas formas são descritas na literatura (Lan-deta, 2006), (Skulmoski *et al.*, 2007), (de Meyrick, 2003), o método de questionário de pesquisa ou modelo clássico como define (Skulmoski *et al.*, 2007) foi adotado para esta pesquisa e é construído contendo questões objetivas e discursivas, essas últimas são para o respondente poder contribuir diretamente com sua própria opinião para aumentar a qualidade pesquisa.

O modelo clássico de aplicação do método delphi definido por (Skulmoski *et al.*, 2007) é apresentado visualmente na figura 3.19.

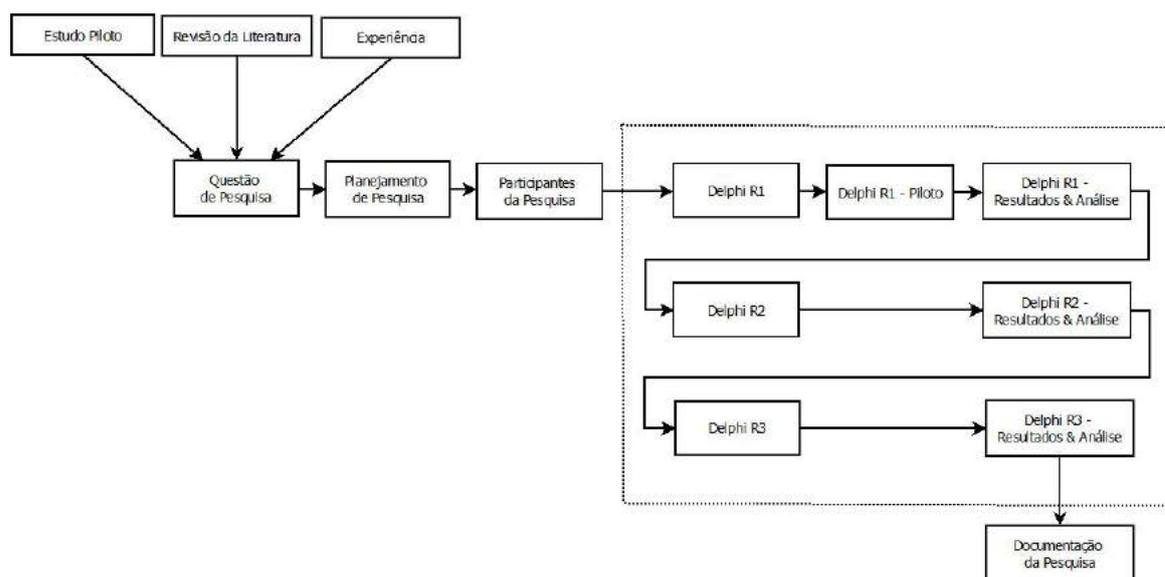


Figura 3.19: Modelo de aplicação do método Delphi

Abaixo descreve-se a funcionalidade de cada bloco do modelo.

1. Questões de pesquisa: Um típico processo de aplicação do método Delphi começa inicialmente com um fato observado ou uma problemática e uma extensa revisão literária para determinar realmente a existência da lacuna dentro do campo de estudo. Um estudo piloto é conduzido para contextualizar o problema e refinar o instrumento de pesquisa, normalmente realizado com orientação de um especialista da área conforme definido por (Skulmoski *et al.*, 2007).
2. Planejamento da pesquisa: Existem diversos modelos para aplicação do método Delphi, entre os principais pode-se citar: abordagens quantitativas e qualitativas

- baseadas em questionários com questões discursivas, de múltiplas escolhas, escala Likert.
3. Participantes da Pesquisa: Conforme (Skulmoski *et al.*, 2007) trata-se da tarefa mais crítica da aplicação do método. Além do participante ser especialista na área, (Skulmoski *et al.*, 2007) acrescenta que um critério que deve ser analisado também é a disponibilidade do especialista para contribuir com o estudo.
 4. Delphi R1: De acordo com o modelo de aplicação do método definido, constroi-se o ferramenta de pesquisa para ser submetido.
 5. Delphi R1 Piloto: Antes do modelo definido ser aplicado para todo o grupo de especialistas, um modelo piloto deve ser submetido para análise prévia para eventuais modificações e ajustes necessário no modelo adotado.
 6. Delphi R1 - Resultados e Análise: Nessa fase ocorre a distribuição do modelo adotado para o grupo de especialistas bem como a apuração dos resultados.

Nota-se na figura 3.19 que os blocos que se encontram dentro da área demarcada representam a fase execução do método delphi, ilustrado na figura com três interações, vale ressaltar que de acordo (Wright e Giovinazzo, 2000) não há um limite prático de questões para dispensar um tratamento adequado, depende dos tipos de questões e do perfil dos respondentes. Até que os objetivos da pesquisa sejam alcançados ou os resultados convirjam a um ponto comum, o questionário pode ser reaplicado e o número de questões varia conforme os objetivos da pesquisa, por outro lado Kayo e Securato (1997) afirmam que um quantidade muito grande questões e um número muito grande de rodadas demandam muito tempo de pesquisa, análise e elaboração de novas rodadas.

Na figura 3.20 são descritos as características do modelo de aplicação do método utilizado nesta pesquisa, que foi baseado no modelo clássico apresentado por (Skulmoski *et al.*, 2007) .

É obtido como resultado nesta primeira fase de validação um consenso entre os especialistas sobre definições conceituais que envolvem os termos: Arquiteturas Reconfiguráveis, Dispositivos Reconfiguráveis, Sistemas Reconfiguráveis juntamente com questões discursivas e tendências consolidadas. O questionário de pesquisa pode ser visualizado nos elementos pós-textuais deste trabalho.

Processo *Feedback* e o Anonimato

Com o objetivo de evitar um domínio psicológico entre os especialistas, por razões de personalidade ou de qualquer tipo e para garantir que a contribuição do grupo seja somente em prol do conhecimento, o anonimato dos especialistas do grupo irá ser mantido, de acordo com Kayo e Securato (1997), muito da popularidade e aceitação do método Delphi se apóia sobre a pretensão da superioridade da opinião do grupo sobre a do indivíduo e da preferência da opinião particular sobre a confrontação face a face.

Modelo de aplicação do método Delphi	
Questões de Pesquisa	Consolidação das principais definições conceituais que envolvem o campo da computação reconfigurável, visto que na literatura as mesmas são aplicadas de forma contestável.
Planejamento da Pesquisa	Modelo de questionário online constituído de questões que utilizam escala <i>Likert</i> e questões discursivas.
Participantes da Pesquisa	Pesquisadores em âmbito mundial que possuem expressivas contribuições científicas no campo da computação reconfigurável.
Delphi R1	Criação do questionário utilizando modelo online (facilita a contabilização dos resultados).
Delphi R1 Piloto	Questionário submetido a pesquisadores conhecidos para eventuais críticas e ajustes no mesmo.
Delphi R1 - Resultados e Análise	Questionário enviado a todos pesquisadores e os resultados são analisados e contabilizados para geração da segunda rodada de questionário (Se necessário).

Figura 3.20: Resumo do modelo de aplicação do método Delphi adotado nesta pesquisa

3.3.1.2 Válide do Constructo

Nesta segunda fase de validação é verificado a coerência entre os métodos utilizados, questões de pesquisa e resultados com relação a hipótese inicial do trabalho. A validação de construtos não se limita apenas a validar um teste, o seu alcance é bem mais amplo, centrando-se o seu objetivo na validação da teoria e métodos em que se apoiou a construção do pesquisa (Atwood *et al.*, 1986).

Conforme (Gomes, 2010) e (Yin, 2005), a validade do constructo de uma pesquisa pode ser contemplada, executando os critérios apresentados na figura 3.21:

Critérios	Descrição	Método utilizado na pesquisa
Validade Interna	Deve-se testar a coerência interna entre as proposições iniciais da pesquisa, desenvolvimento e resultados encontrados.	Definição do Universo de análise; Protocolo de Análise; Método de pesquisa; Resultado do Método Delphi
Validade Externa	testar a coerência entre os resultados do estudo e resultados de outras investigações semelhantes.	Não existe trabalho dessa natureza para a área de computação reconfigurável para ser comparado.
Confiabilidade	demonstrar que o estudo pode ser replicado.	Método bem detalhado

Figura 3.21: Descrição dos critérios de validade do constructo e os métodos utilizados na pesquisa

A tabela 3.21, ilustra os critérios de validade do constructo bem como os métodos utilizados para garantir a coerência entre os mesmos.

Dentro desta pesquisa, as técnicas utilizadas para geração do universo de análise juntamente com o protocolo de análise, foram aplicadas sempre avaliando o encadeamento com relação a proposta de pesquisa. O protocolo de análise por si só, garante grande parte da validade interna desta pesquisa, mantendo o desenvolvedor sempre em sintonia com os objetivos do trabalho desenvolvido.

3.4 Resumo do Método

Em suma, o método adotado para o desenvolvimento deste trabalho é dividido em três macro etapas: (1) Coleta e Análise de dados, (2) Desenvolvimento e (3) Validação do Arcabouço conceitual. É oportuno voltar à Figura 3.1 e ver como estas etapas estão elencadas ao longo do método.

A primeira macro etapa objetiva através de técnicas advindas da bibliometria e estatística, identificar quais são os melhores parâmetros para realizar uma busca parametrizada para coletar o máximo de trabalhos que possuam relação direta com os termos descritos nesta pesquisa. Visto que o número de trabalhos é bem expressivo, técnicas de amostragem estratificada são utilizada para reduzir o universo de análise, garantindo a qualidade dos resultados. Para a etapa de coleta e registro juntamente com a etapa de análise qualitativa de análise das informações, um modelo de protocolo de análise é necessário. O protocolo antes de mais nada objetiva manter o desenvolvedor da pesquisa dentro do contexto de análise, pois as definições conceituais somente fazem sentido dentro do contexto que as mesmas se encontram. O protocolo de análise ainda auxilia a manter o encadeamento das evidências observadas através de um modelo espiral. Uma forma de armazenamento das informações analisadas nas amostras é importante, visto que as mesmas devem estar disponíveis para acesso a qualquer momento.

Para a etapa de desenvolvimento diversas definições conceituais juntamente com informações narrativas sofrem um processo de desconstrução, integração e sintetização, esses processos divididos em duas etapas garantem a eficiência da análise das definições conceituais, bem como a geração de novas definições com maior teor conceitual para o método de validação. Taxonomias bem como a avaliação das partes experimentais dos trabalhos são descritas em duas etapas do desenvolvimento. A elaboração do arcabouço é realizado unificando os resultados de todas as etapas anteriores.

Para a etapa de validação do arcabouço, um método de validação baseado no consenso de especialistas é necessário, pois as informações coletadas, tratadas e geradas deve fazer sentido para um classe de pesquisadores e não somente para o desenvolvedor desta pesquisa.

Análise e Resultados

Este capítulo destina-se a apresentar os resultados obtidos, de acordo com o questionário aplicado na pesquisa de campo (vide anexo) e conforme o método de pesquisa descrito neste trabalho. Complementando essas informações, uma breve explanação a respeito da correlação entre análise quantitativa e qualitativa dos dados.

Esta etapa se divide em três partes, seção de análise e resultados quantitativos e qualitativos, onde o foco está nos resultados extraídos através da análise do universo de amostra. Seção de análise e resultados do questionário, onde o foco está na avaliação da contribuição dos pesquisadores para a pesquisa, e por último, é apresentado o arcabouço conceitual desenvolvido.

4.1 Análise e Resultados - Abordagem quantitativa e qualitativa

Retomando a atenção para a análise quantitativa e qualitativa descrita no método desta pesquisa, convém observar essas seções no capítulo de método. Nestas seções são apresentadas detalhadamente, todos os aspectos observáveis dentro desta pesquisa.

Os resultados apresentados a seguir foram obtidos a partir do tratamento das informações coletadas, conforme descrito no capítulo método. Esta parte está composta dos seguintes resultados:

1. Análise e resultados mensuráveis do universo de amostras.
2. Reavaliação das Taxonomias.

3. Classificação dos trabalhos analisados e avaliação da parte experimental dos trabalhos.
4. Áreas de aplicação da computação reconfigurável de acordo com análise dos trabalhos.

4.1.1 Análise e resultados mensuráveis do universo de amostras

Nesta fase dá-se ênfase aos resultados obtidos na etapa de coleta, análise e extrapolação dos dados. O primeiro item abordado refere-se a quantidade de trabalhos analisados, definições obtidas dos trabalhos e a quantidade de trabalhos que apresentam definições para mais de um termo.

A figura 4.1 ilustra visualmente a dispersão dos trabalhos publicados em relação aos anos. Pode ser observado um significativo aumento do número de publicações entre os anos de 2006 e 2012. Esse aumento é justificado através da observação dos veículos de publicações utilizados para construção do universo de análise desta pesquisa.

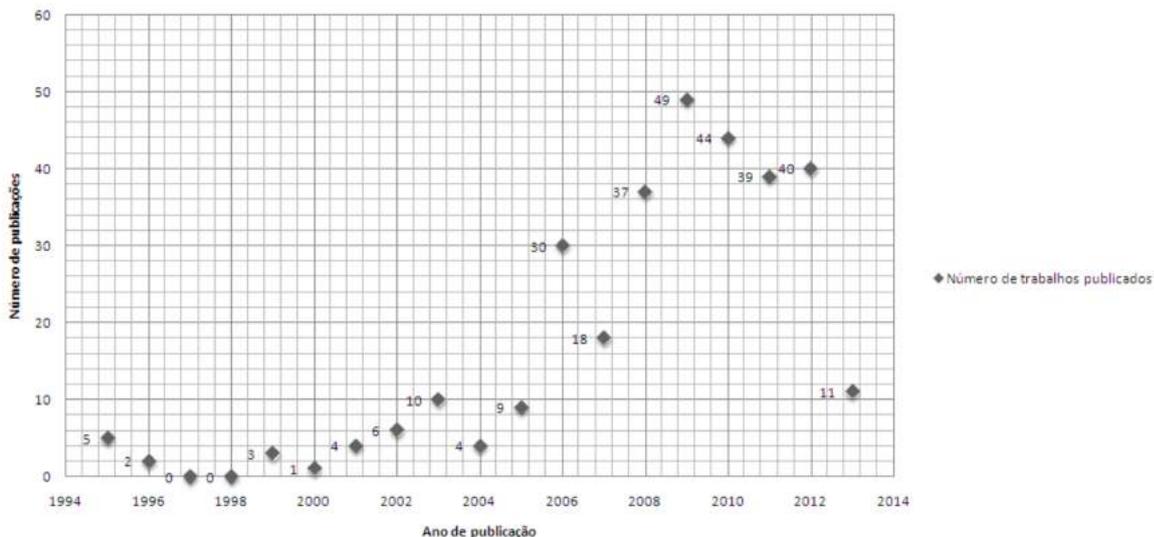


Figura 4.1: Gráfico de dispersão dos trabalhos publicados em relação aos anos

Vale ressaltar que não foi realizado nenhuma distinção com relação a forma de análise dos trabalhos, todos os trabalhos foram analisados utilizando os mesmos critérios conforme previsto no protocolo de análise, descrito no método desta pesquisa.

A média do número de páginas dos trabalhos analisados é de 5,59 páginas e a média de citação é de 2,26 citações por trabalho.

É importante lembrar, que o objetivo final desta pesquisa é a construção de arcabouço conceitual, sendo as definições conceituais abordadas nesta pesquisa as variáveis de maior ênfase na análise. A figura 4.2 ilustra a quantidade de definições conceituais extraídas dos trabalhos analisados, observando os principais conceitos desta pesquisa.

De acordo com a figura 4.2, pode-se notar a pouca utilização de definições conceituais nos trabalhos publicados. Porém, novamente, cabe retomar a atenção no que se refere

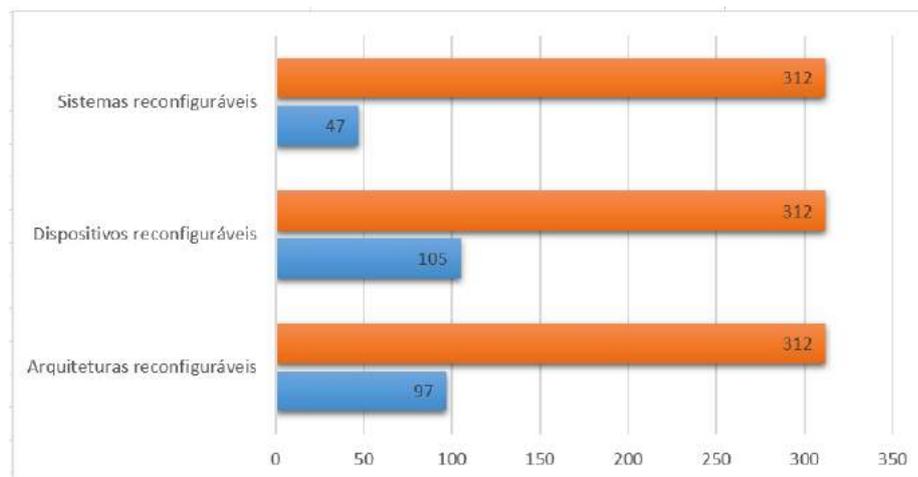


Figura 4.2: Número de definições passíveis de observação em relação ao número de trabalhos analisados

a avaliação conceitual dos trabalhos analisados. Este trabalho não tem como objetivo criticar ou avaliar nenhum trabalho utilizado como amostra, até por que a maioria das informações, são geradas a partir de uma suposição do fato observado, tornando impossível determinar se o conceito não foi utilizado devido ao fato do autor já possuir um extenso conhecimento sobre o campo de estudo ou devido ao fato de o autor realmente não ter conhecimento sobre os mesmos.

Ainda de acordo com as definições extraída dos trabalhos, a figura 4.3 ilustra visualmente utilizando o diagrama de Venn (Perre *et al.*, 1986) a quantidade de definições observadas com relação aos termos abordados nesta pesquisa bem como a suas relações de união e intersecção.

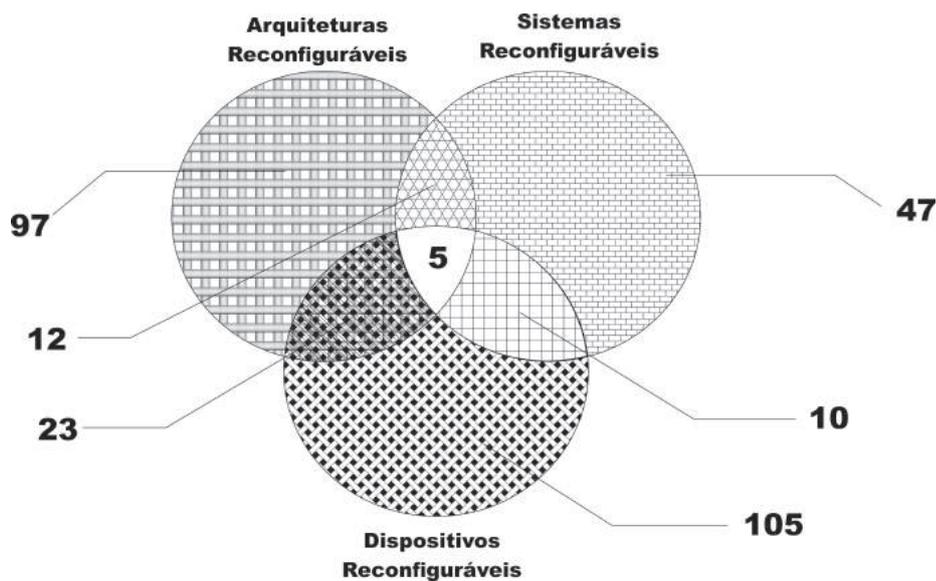


Figura 4.3: Diagrama de intersecção conceitual

4.1.1.1 Reavaliação das Taxonomias

Os parâmetros observados com relação a sistemas, dispositivos e arquiteturas reconfiguráveis são descritos na seção de análise qualitativa desta pesquisa. Conforme (Mesquita, 2002) soluções computacionais reconfiguráveis são complementadas com a inclusão do quesito reconfigurabilidade e abrangência da reconfigurabilidade. O termo reconfigurabilidade talvez seja o principal aspecto que diferencia as soluções computacionais reconfiguráveis das demais. A figura 4.4 ilustra visualmente informações extraída da análise dos dados com relação ao aspecto de reconfigurabilidade das publicações.

Trabalhos que apresentam a palavra "Reconfigurable" no título.	Trabalhos que apresentam algum aspecto de reconfigurabilidade.		
	Dinâmica		Estática
	Parcial	Total	
86	29	0	0

Figura 4.4: Número de trabalhos que possuem *reconfigurable* no título

Observa-se que 86 trabalhos, ou seja, 27,5% do total de trabalhos analisados, destacam no título a palavra *reconfigurable*. A partir desses dados, pode-se inferir que apenas 33,7% ou seja, apenas 29 trabalhos abordam algum aspecto de reconfigurabilidade (parcial ou total e dinâmica ou estática) e sua abrangência no trabalho.

A Taxonomia OLIMPO preve critérios de classificação para arquiteturas reconfiguráveis, sistemas reconfiguráveis e dispositivos reconfiguráveis. Esses critérios são baseados nas características meta dos conceitos, tais como a motivação para utilização de arquiteturas (tolerância a falhas ou aumento de desempenho), arquitetura da rede de interconexão (reconfigurável ou fixa), nível de integração do sistema (autônomo, fortemente acoplado ou fracamente acoplado) e também relação a granularidade dos dispositivos.

A tabela 4.1, ilustra as motivações para utilização de arquiteturas reconfiguráveis observadas nos trabalhos analisados e o percentual de trabalhos correspondente.

Tabela 4.1: Reavaliação das características metas para utilização de arquiteturas reconfiguráveis

Característica meta	Percentual de Trabalhos selecionados
Tolerância a falhas	4,1%
Aumento de velocidade	62,0%
Escalabilidade	13,1%
Otimização dos recursos da arquitetura	20,8%

De acordo com a tabela 4.1, pode-se inferir as seguintes observações,

1. Poucos trabalhos possuem como característica meta a tolerância a falhas.
2. O maior percentual de trabalhos tratam a característica de aumento de velocidade, ou seja, modelos e protótipos sempre visando um considerável aumento de desempenho com relação a outras aplicações.

3. Pode ser observado duas novas características meta emergiram-se através da análise, escalabilidade e otimização dos recursos da arquitetura.

Diante disso, com relação as características meta para utilização de arquiteturas reconfiguráveis, pode-se complementar a taxonomia OLIMPO com a inclusão das características de escalabilidade e otimização dos recursos da arquitetura. Dentro do contexto estudado, pode-se inferir que,

1. Escalabilidade: arquiteturas, dispositivos e sistemas reconfiguráveis utilizam características de escalabilidade, sendo esse aspecto relacionado ao quesito de reconfiguração da plataforma. A escalabilidade dentro da computação reconfigurável refere-se a capacidade da plataforma suportar um aumento considerável de carga e ainda garantir pleno funcionamento da mesma, onde o desempenho aumenta com o acréscimo de hardware (módulos), proporcionalmente à capacidade acrescida ou reduz proporcionalmente à capacidade decrescida.
2. Otimização dos recursos da arquitetura: essa característica meta observada nos trabalhos analisados, está relacionada com a otimização dos recursos oferecidos pela plataforma, como por exemplo, modelos de design que permitem a plataforma utilizar granularidade mista, algoritmos para compressão de arquivos *bitstream* para redução de *overhead* de reconfiguração, utilização de relês mecânicos para otimizar o roteamento programável das plataformas reconfiguráveis, ferramentas para estimação do consumo de energia das plataformas, entre outras.

Com relação a granularidade dos dispositivos reconfiguráveis, foi possível observar essa característica em apenas 11,2% dos trabalhos analisados. A tabela 4.2 ilustra visualmente esse percentual com relação as classes fina, média e grossa.

Tabela 4.2: Reavaliação das características granularidade

Granularidade	Percentual de Trabalhos selecionados
Grão fino	46,42%
Grão médio	3,57%
Grão grosso	50,1%

A partir da tabela 4.2, pode ser observado praticamente a extinção da granularidade média, concluindo que isso se dá pelo fato de a grande parte dos dispositivos reconfiguráveis atualmente apresentarem características de granularidades híbridas.

Devido a baixa quantidade de informações coletadas sobre o nível de integração nos sistemas reconfiguráveis e a arquitetura da rede de interconexão não foi possível realizar uma análise de resultados válida. Dessa forma esses aspectos são mantidos sem nenhuma reavaliação.

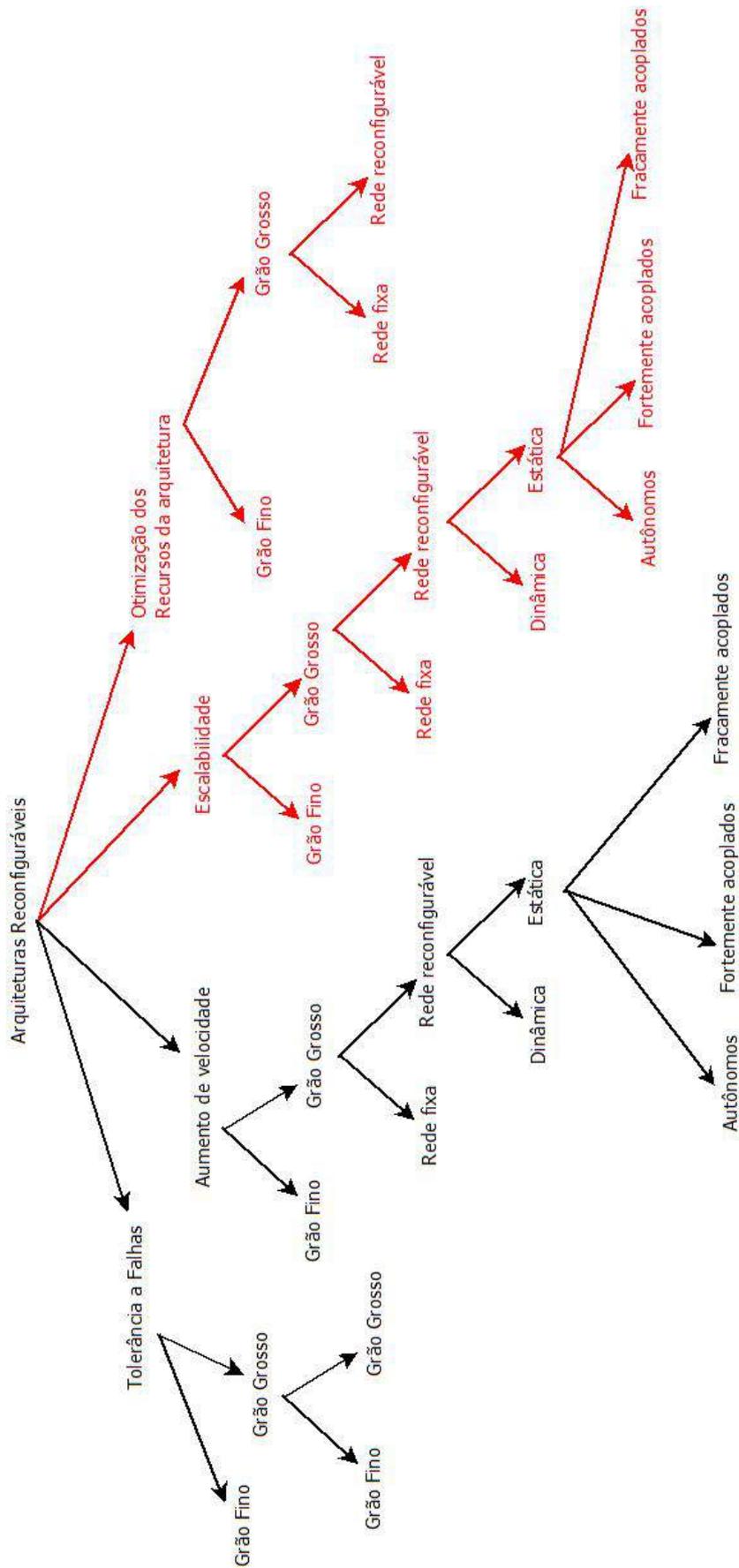


Figura 4.5: Aspectos da taxonomia OLIMPO atualizada e ilustrada utilizando diagrama de árvore

A figura 4.5 propõem a organização dos aspectos analisados e atualizados, o destaque em vermelho identifica a contribuição desta pesquisa.

Com relação aos critérios estabelecidos por (Sanchez *et al.*, 1999), o autor trata os requisitos de reconfigurabilidade aplicado a sistemas reconfiguráveis. De acordo com análise realizada na base de dados, apenas 15,6% dos trabalhos analisados apresentam algum aspecto de reconfigurabilidade. A tabela 4.3 ilustra o percentual de trabalhos onde foi possível observar as características de reconfigurabilidade.

Tabela 4.3: Reavaliação das características de reconfigurabilidade

Reconfigurabilidade	Percentual de Trabalhos selecionados
Dinâmica	25,64%
Estática	0%

Complementando ainda, a tabela 4.4 apresenta aspectos com relação a reconfiguração dinâmica.

Tabela 4.4: Reavaliação das características de reconfigurabilidade

Reconfigurabilidade Dinâmica	Percentual de Trabalhos selecionados
Parcial	74,35%
Total	0%

Com relação aos critérios de classificação proposto por (Page, 1996) que abordam características sobre a arquitetura de memória dos dispositivos, os níveis de utilização de coprocessadores baseados em FPGA e com relação a execução de programa sobre plataformas reconfiguráveis, não foi possível observar dados validos para realizar um análise mais minuciosa e detalhada sobre os aspectos citados.

Dentro da análise qualitativa dos trabalhos, permitiu-se observar uma tendência na utilização de sistemas reconfiguráveis. De acordo com mesquita (Mesquita, 2002) (Moreno *et al.*, 2005) (Hauck e DeHon, 2010) e (Otero, 2006) a evolução dos sistemas reconfiguráveis foram motivados por diversos problemas, tais como, tempo de reconfiguração da arquitetura, gargalo de comunicação entre os elementos do sistema, níveis de acoplamento da lógica reconfigurável, entre outros. A figura 4.6 é uma ilustração visual dessa evolução baseada na proposta de (Mesquita, 2002) com ascrescimo observado nos trabalhos analisados, onde apresenta-se uma tendência com relação a evolução dos sistemas reconfiguráveis.

Não pretende-se analisar mais detalhadamente todos os sistemas reconfiguráveis apresentados na figura 4.6 e outros sistemas importantes não citados neste trabalho. Entretanto, como exemplo ilustrativo dos possíveis resultados da realização dessa pesquisa exploratória, apresentamos algumas informações coletadas e analisadas sobre os sistemas

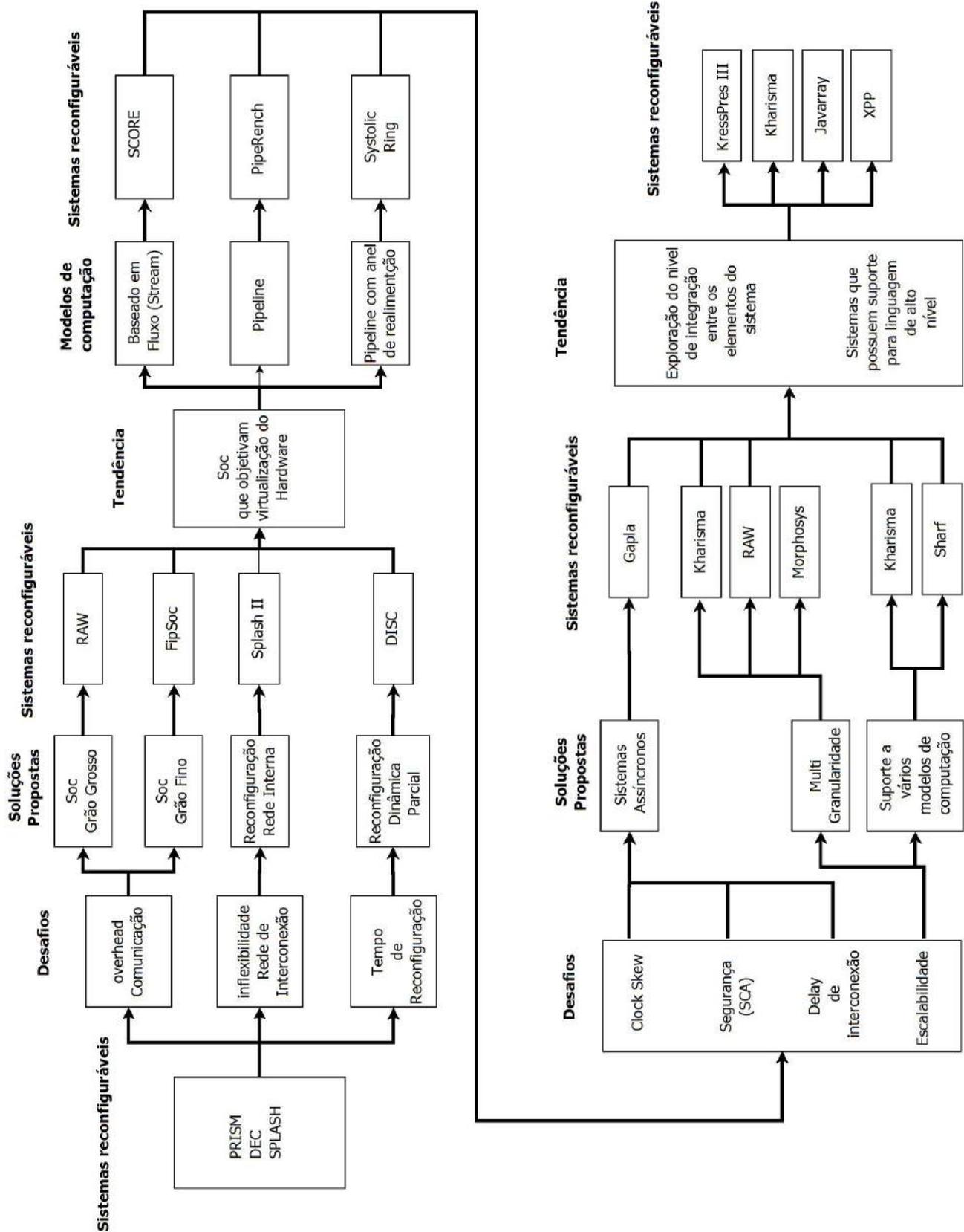


Figura 4.6: Evolução dos sistemas reconfiguráveis

reconfiguráveis, tais como domínio de aplicação, reconfigurabilidade, granularidade e modelo de computação adotado.

Tabela 4.5: Análise Sistemas reconfiguráveis

Sistema	Granularidade	Reconfigurabilidade	Aplicação
SPLASH	Fina	Estática	Imagem e Vídeo
DEC	Fina	Estática	Não observado
DISC	Fina	Dinâmica	Não observado
RAPID	Grossa	Estática	Aplicações intensivas
RAW	Mista	Estática	Aplicações embarcadas
PipeRench	Mista	Dinâmica	Aplicações intensivas
Morphosys	Mista	Dinâmica	Vídeo e Imagem
Kharisma	Mista	Dinâmica	Vídeo e Criptografia
KressPress III	Mista	Dinâmica	Redes e Criptografia
Javarray	Grosso	Dinâmica	Aplicações embarcadas
XPP	Não informada	Dinâmica	Imagem
SCORE	Não informada	Dinâmica	Imagem e Vídeo
SHARF	Mista	Dinâmica	Aplicações <i>Desktop</i>

De acordo com análise feita no universo de amostras, não é possível indentificar uma tendência com relação a um padrão dos sistemas reconfiguráveis, cada sistema é desenvolvido para uma determinada demanda computacional, tais como, consumo de energia, processamento paralelo, escalabilidade e cada sistema explora a reconfigurabilidade de uma forma diferente não convergindo a um ponto comum.

Nota-se uma tendência com relação a integração dos componentes do sistemas reconfiguráveis, cada vez mais integrados com uma enorme gama de dispositivos. Dessa forma pode-se destacar o nível de acoplamento como um dos desafios para evolução do campo, visto que o acoplamento interfere diretamente na habilidade de fazer computação independente.

4.1.1.2 Classificação dos trabalhos analisados

Como forma de organização dos trabalhos, afim de oferecer fácil visualização e a possibilidade de direcionar uma análise mais detalhada sobre uma classe, alguns critérios de classificação são adotados. Conforme (Tichy *et al.*, 1995) os trabalhos científicos podem ser organizados de acordo com a sua contribuição científica, a divisão é composta pelas seguintes classes:

1. Teoria formal: Essa categoria contém trabalhos que possuem como contribuição principal, proposições tratáveis, teoremas e suas provas.
2. Trabalhos empíricos: Trabalhos nessa categoria tem como contribuição principal coleta, análise e interpretação sobre design conhecidos, ou sobre teorias abstratas, com ênfase na avaliação do novo modelo ou design. Como é o caso desta pesquisa

3. Hipótese e testes: Trabalhos nessa categoria são responsáveis por definir hipóteses e descrever experimentos para testá-las.
4. Modelagem e desenvolvimento: A principal contribuição dos trabalhos nessa classe são sistemas, técnicas ou modelos os quais suas propriedades não podem ser provadas formalmente, softwares, ferramentas, etc.

A tabela 4.6 ilustra visualmente, a proporção de trabalhos, que pertecem a determinada classe de organização. Nota-se que grande parte dos trabalhos analisados dentro desta pesquisa, se encontram dentro da classe de modelagem e desenvolvimento. Esse resultado se encontra dentro da normalidade conforme (Tichy *et al.*, 1995), pois a área da computação é uma área de pesquisa destinada a prover soluções computacionais para um grande gama de problemas complexos.

Tabela 4.6: Análise quantitativa com relação as classes organizacionais

Classe	Percentual de Trabalhos selecionados
Teória formal	0,1%
Trabalhos empíricos	18,9%
Hipóteses e testes	2%
Modelagem e desenvolvimento	80%

É interessante ressaltar que, apesar da classe de trabalhos empíricos não possuir um expressivo de trabalhos em comparação com a classe de modelagem e desenvolvimento, todos os trabalhos da classe empírica apresentam definições de pelo menos um termo, dos quais são observados nesta pesquisa.

Conforme a figura 4.6, os trabalhos que se encontram dentro da classe de modelagem e desenvolvimento, possuem parte de contribuição científica voltada para o criação de protótipos, implementação de algoritmos, sistemas ou modelos. Diante desse contexto, (Tichy *et al.*, 1995) enfatiza a importância da parte experimental dos trabalhos, que ainda afirma que a computação está bem distante de produzir trabalhos com parte experimental com um nível de qualidade aceitável.

A análise do número de páginas destinado para a parte experimental dos trabalhos, é um forte indício para avaliar a qualidade experimental do trabalho.

A tabela 4.7 ilustra visualmente o percentual de trabalhos analisados dentro de cada classe com relação ao percentual da parte experimental.

Pode ser observado que todos trabalhos que se encontram dentro da classe de teoria formal possui parte experimental em torno de 10% ou menos. Trabalhos que se encontram dentro da classe de trabalhos empíricos possuem percentuais expressivos em torno de 40%, tendendo para menos. Trabalhos cuja principal contribuição são hipóteses e testes apresentam percentual em torno de 20 a 50%, com maior concentração em torno de 50%.

Tabela 4.7: Percentual de trabalhos com relação ao percentual de páginas da parte experimental

Percentual (parte experimental)	Teória	Empírico	Hipótese
(0,10%]	100%	19,50%	0%
(10,20%]	0%	17,07%	0%
(20,30%]	0%	17,07%	25%
(30,40%]	0%	21,95%	25%
(40,50%]	0%	12,19%	50%
(50,60%]	0%	2,43%	0%
(60,100%]	0%	9,75%	0%

Salientando que a classe de modelagem e desenvolvimento detém a grande parte dos trabalhos analisados, a tabela 4.8 ilustra o percentual de trabalhos de acordo com o percentual das páginas destinadas a parte experimental dos trabalhos que se encontram dentro da classe dessa classe.

Tabela 4.8: Percentual de trabalhos com relação ao percentual de páginas da parte experimental - Classe Modelagem

Percentual de páginas (parte experimental)	Percentual de Trabalhos selecionados
(0,10%]	9,42%
(10,20%]	21,46%
(20,30%]	27,74%
(30,40%]	18,32%
(40,50%]	19,89%
(50,60%]	2,09%
(60,70%]	1,04%
(70,80%]	3,66%

Pode ser observado que nesta classe de trabalhos os maiores percentuais se concentram entre 10 e 30%. A figura 4.7, ilustra graficamente a dispersão do percentual de trabalhos com relação ao percentual do número de páginas da parte experimental. Foi observado as classes de modelagem e desenvolvimento e trabalhos empíricos devido a essas apresentarem um número mais expressivos de trabalhos, conduzindo assim a resultados mais consistentes.

Foi relacionado o percentual da parte experimental dos trabalhos com a presença ou não de definições conceituais sobre os termos abordados nesta pesquisa. Notou-se que em trabalhos da classe de modelagem e desenvolvimento com percentual da parte experimental maior ou igual a 50%, em torno de 68% dos trabalhos, apresentaram pelo menos uma definição conceitual, em contra partida, para o percentual da parte experimental inferior a 50%, apenas 55% apresentaram alguma definição conceitual. Essa diferença pode ser considerado pequena, porém significativa.

Desta etapa pode-se realizar algumas observações,

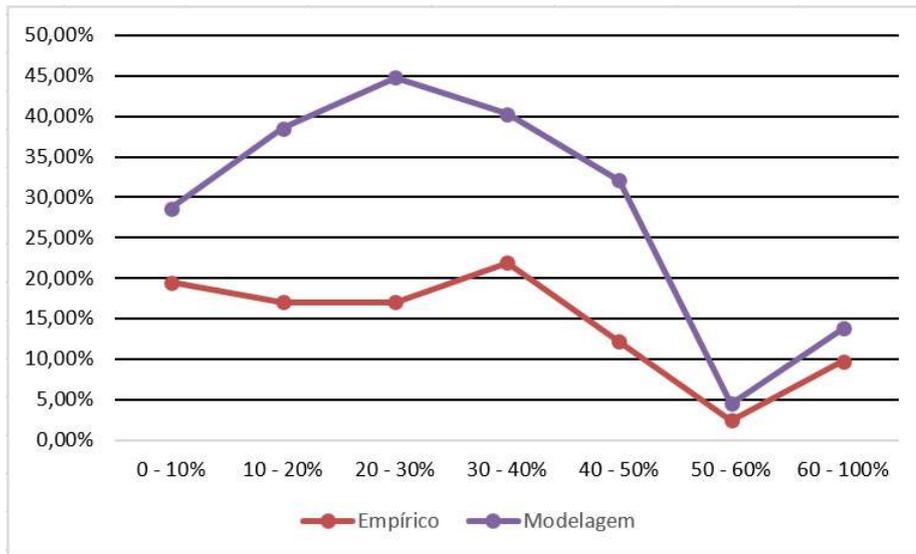


Figura 4.7: Dispersão do percentual de trabalho com relação o percentual de páginas da parte experimental

1. Não é possível afirmar com exatidão qual é o percentual ideal, com relação ao número de páginas da parte experimental dos trabalhos, porém de acordo com os resultados utiliza-se em torno de 25% a 30% para trabalhos da classe de modelagem e desenvolvimento. Analisando dentro do âmbito da computação reconfigurável, trabalhos onde as principais contribuições são protótipos, modelos ou sistemas, esses percentuais estão bem abaixo do ideal.
2. Pode-se concluir que, existe uma imensa dificuldade para conduzir experimentos em áreas complexas de estudo, como é o caso da computação reconfigurável. Associa-se essa dificuldade a falta de uma metodologia de projeto clara e a falta de fundamentação teórica.

4.1.1.3 Áreas de aplicação da computação reconfigurável

A computação reconfigurável oferece um diversas formas de melhorias e possibilidades para solução de vários problemas complexos em diversas áreas so conhecimento. Através da análise do universo de amostras, foi possível identificar as principais áreas de atuação da computação reconfigurável e também as principais motivações para sua utilização.

A figura 4.8 ilustra as principais áreas onde a computação reconfigurável está sendo utilizada como modelo de solução computacional. É importante observar e destacar quais são os principais aspectos que influenciaram e influenciam a utilização da computação reconfigurável.

Através desta análise é possível identificar as principais contribuições e motivações com relação a utilização da computação reconfigurável.

Vale ressaltar que todos as análises e resultados apresentando na seção 4.1 juntamente com as definições conceituais observadas nos trabalhos analisados serviram de base para

Áreas de aplicação	Principais finalidades	Áreas específicas	Principais Contribuições
Redes de Computadores	Acréscimo de velocidade e Escalabilidade	Roteamentos, Redes sem fio, aceleradores, autenticação e Segurança.	Aplicações intensivas, como sistemas de detecção de intrusão, roteamento IP e moduladores de frequência (utilizado na maioria dos roteadores sem fio) necessitam de alto desempenho, tempo de resposta e rápido acesso a memória. Implementações em software não são capazes de oferecer o desempenho necessário para isso. A integração da lógica reconfigurável com os sistemas já atuantes, possibilita ganho expressivos de desempenho.
Criptografia	Acréscimo de velocidade e Escalabilidade	Algoritmos simétricos e assimétricos.	Através do paralelismo e da possibilidade da reutilização de código, as primitivas matemáticas podem alcançar um alto desempenho e uma área de circuito relativamente reduzida com relação as aplicações em software, tornando possível a construção de arquiteturas criptográficas que exploram mais dos algoritmos.
Processamento de Imagens e Vídeo	Acrescimento de velocidade	Hilbert, Renderização de imagem 3D, Algoritmo SURF, acelerador gráfico, compressão e codificação de vídeo.	Utilização de memória local do dispositivo reconfigurável para armazenamento de dados e o alto grau de paralelismo da plataforma permite otimizar o tempo de resposta oferecendo um alto desempenho para processamento de imagem e vídeo.
Computação Reconfigurável	Otimização de recursos e melhor utilização dos recursos disponíveis.	Reconfiguração, Linguagem de descrição, Plataformas de desenvolvimento, modelos virtuais, SOC's, compilação e Debug.	Redução do <i>overhead</i> de reconfiguração através de aceleradores embarcados, Bibliotecas de alto nível para implementação de protótipos, novas ferramentas de desenvolvimento, algoritmos de compressão de arquivos de configuração, novos algoritmos de <i>place</i> e <i>route</i> , métodos de desenvolvimento, tecnologia de programação de chaveadores.
Banco de Dados	Acrescimento de velocidade	Mineração de dados.	Alto grau de paralelismo.
Aplicações Específicas	Acréscimo de Velocidade e tolerância a falhas.	Biologia, Biomédica, Automação industrial e Automotiva.	Alto grau de Paralelismo, tempo de desenvolvimento, facilidade de programação, possibilidade alteração "pós-fabricação", capacidade de reconfiguração para correção de falhas e possibilidade de integração com sistemas já desenvolvidos.

Figura 4.8: Principais áreas de aplicação da computação reconfigurável

construção do questionário de pesquisa. O objetivo do questionário é verificar se os resultados apresentados fazem sentido somente para o desenvolvedor da pesquisa ou para um grupo de especialistas da área.

4.2 Análise e Resultados do Questionário de pesquisa

Os resultados desta etapa são gerados a partir das respostas do questionário de pesquisa. Este questionário de pesquisa foi submetido para um conjunto de pesquisadores e profissionais da área em âmbito nacional. As respostas geradas por este questionário são de extrema importância, pois a partir dele, vem as principais contribuições para a elaboração e atualização do arcabouço conceitual.

O questionário de pesquisa foi enviado para 41 pesquisadores e não houve nenhum critério de seleção ou avaliação dos respondentes, sendo 34 pesquisadores que efetivamente receberam o questionário, os outros 7 pesquisadores possuíam informações de contato desatualizadas não sendo possível atualizar. O número de respondentes é de 23,52%, correspondendo a 8 pesquisadores.

Avaliando a dificuldade de submeter um questionário de pesquisa para um grupo de especialistas (pesquisadores) a complexidade do questionário e o tempo exigido de resposta, o percentual de respondentes é aceitável, conforme (Wright e Giovinazzo, 2000) é normal um número de abstenção dos respondentes em torno de 30 a 50% ou até maior conforme a complexidade do questionário.

Abaixo segue os resultados obtidos com o questionário. Importante salientar que o percentual indicado com 1 nas respostas significa que o respondente discorda fortemente do conceito apresentado e 5 o mesmo concorda fortemente com o conceito.

4.2.0.4 Questionário de pesquisa

Parte 1/4

As afirmativas abaixo foram extraídas da literatura a respeito do tema "Arquiteturas reconfiguráveis". Por favor indique seu grau de concordância ou discordância com essas sentenças.

1. Arquiteturas reconfiguráveis possuem estrutura heterogênea, composta por Flip-Flops, LUT's programáveis, registradores, recursos de roteamento reconfiguráveis, unidades funcionais, blocos de I/O e, eventualmente, circuitos dedicados para somas e multiplicações. Em essência, possui um tecido reconfigurável organizado como uma matriz de blocos lógicos também reconfiguráveis.
2. Arquiteturas reconfiguráveis podem apresentar diferença estrutural dos componentes básicos com relação a granularidade, utiliza-se componentes de grão fino (LUT's) e componentes de grão grosso (ALU's), juntamente com elementos de processamento (PE's) e um esquema de roteamento. Arquiteturas reconfiguráveis apresentam arquiteturas de memórias homogênea ou heterogênea, no caso de heterogênea com mais do que um tamanho de vetor de memória.

3. Arquiteturas reconfiguráveis consistem de várias trilhas paralelas horizontais e verticais, abrangidas por vários aglomerados de elementos lógicos. Cada conexão horizontal e vertical possui um chaveador programável que é programado conforme a necessidade da mudança da lógica e suas conexões são bidirecionais.
4. Arquiteturas reconfiguráveis são arquiteturas computacionais que fazem efetivo uso da reconfigurabilidade de dispositivos que possuem essa característica.
5. Arquiteturas reconfiguráveis são arquiteturas que são implementadas em dispositivos reconfiguráveis, independentemente de fazerem uso da reconfiguração.
6. Arquiteturas reconfiguráveis oferecem possibilidade de parametrização com relação ao tamanho do fluxo de dados e à flexibilidade com relação aos elementos processados.
7. Arquiteturas reconfiguráveis possibilitam a execução de várias tarefas, de forma rápida e eficiente, através do paralelismo espacial e do paralelismo temporal.
8. O paralelismo é uma das principais características das arquiteturas reconfiguráveis.
9. Arquiteturas reconfiguráveis oferecem um conjunto de instruções dinamicamente reconfigurável juntamente com uma topologia adaptada ao fluxo de dados.
10. Arquiteturas reconfiguráveis podem adaptar o conjunto de recursos reconfiguráveis disponíveis (numero de bits de reconfiguração que são necessários para definir o estado da arquitetura) por demanda durante o tempo de execução. Sua reconfigurabilidade está diretamente relacionada com o grau de granularidade da plataforma.
11. Por favor indique qual seria, com suas palavras, a melhor definição de "Arquiteturas reconfiguráveis".

Arquiteturas reconfiguráveis são aquelas que permitem mudar as características do hardware e do conjunto de instruções conforme as necessidades de uma aplicação, se adaptando da melhor forma de modo a aproveitar (sintonizar) as características de execução da aplicação com a melhor implementação/suporte em hardware visando melhor performance conjunto (software e hardware). arquitetura é o modelo, portanto não especifica a implementação que poderia ser em software ou hardware. Arquitetura composta por diferentes componentes e com interconexões programáveis, que permitem inúmeras configurações, de acordo com a aplicação-alvo. Arquiteturas dedicadas a fins específicos, implementadas em dispositivos reconfiguráveis, que permitem fácil adequação às necessidades da aplicação. Arquiteturas reconfiguráveis são constituídas por um conjunto de elementos ou blocos configuráveis que podem ser implementados em granularidade fina ou grossa. O conceito de granularidade está associado ao tamanho da palavra tratada nos elementos ou blocos configuráveis. Quando a granularidade é fina os blocos geralmente tratam apenas um bit. Via de regra, os elementos ou blocos reconfiguráveis são interconectados por uma rede de

interconexão também reconfigurável, o que possibilita que arquiteturas reconfiguráveis possuam uma programação temporal, que está associada as operações a serem realizadas nos elementos ou blocos reconfiguráveis ao longo do tempo, e uma programação espacial, que está conexão entre os elementos ou blocos reconfiguráveis. Difícil definir. Um microprocessador é uma arquitetura reconfigurável, pois a cada instrução a ULA é reconfigurada. Um MPSoC também é uma arquitetura reconfiguráveis, mas de grão grosso. Um FPGA é reconfiguráveis com grão-fino. Depois de anos na área, não consigo ter uma definição clara. Vejamos: um hardware que permite que suas funcionalidades sejam adaptadas em tempo de execução. Notar que se não usamos reconfiguração dinâmica, questão 5 acima, o que está no FPGA não é uma arquitetura reconfiguráveis. Arquiteturas reconfiguráveis oferecem possibilidade de parametrização com relação ao tamanho do fluxo de dados e à flexibilidade com relação aos elementos processados. Arquiteturas reconfiguráveis podem adaptar o conjunto de recursos reconfiguráveis disponíveis (numero de bits de reconfiguração que são necessários para definir o estado da arquitetura) por demanda durante o tempo de execução. Sua reconfigurabilidade está diretamente relacionada com o grau de granularidade da plataforma.

Parte 2/4

As afirmativas abaixo foram extraídas da literatura a respeito do tema "Dispositivos reconfiguráveis". Por favor indique seu grau de concordância ou discordância com essas sentenças.

1. Comparados com ASICs, dispositivos reconfiguráveis apresentam certas desvantagens, tais como: extensivo consumo de área, baixo desempenho e alto consumo de energia, sendo essas desvantagens compensadas pela reconfigurabilidade do roteamento interno do chip e de sua lógica.
2. Dispositivos reconfiguráveis apresentam estabilidade com relação ao desenvolvimento de aplicações, sempre novas ferramentas e métodos surgem constantemente.
3. Dispositivos reconfiguráveis possuem comportamento ubíquo em aplicações como: telecomunicações, processamento de sinal e computação científica.
4. Dispositivos reconfiguráveis possuem como componentes: tecido reconfigurável, memórias, esquema de roteamento e unidades de processamento embarcado, além disso, múltiplos geradores de clock são oferecidos para flexibilidade do sistema.
5. Dispositivos reconfiguráveis são plataformas de natureza escalável, baseados em uma matriz de 2 dimensões de células simples com características simétricas. Apresenta processamento reservado para configuração e uma completa estrutura de intercone-

xão através de comutadores programáveis que permitem que aplicações complexas sejam construídas.

6. Dispositivos reconfiguráveis são fortemente acoplados ao processador através de barramentos de alta velocidade e exploram o paralelismo para acelerar tarefas críticas, sendo capazes de executar várias tarefas em paralelo. São capazes de oferecer bancos de memória estruturalmente distribuídos.
7. Dispositivos reconfiguráveis apresentam comportamento não linear e não monolítico com relação ao comportamento dos recursos de hardware para alocação das unidades funcionais.
8. Dispositivos reconfiguráveis oferecem interconexões de baixa velocidade e maior desperdício de energia comparado com ASIC's, isso devido a programação ou reprogramação dos comutadores programáveis de roteamento.
9. Dispositivos reconfiguráveis possuem a possibilidade de ter sua configuração alterada (estaticamente ou em tempo real), oferecendo maior flexibilidade para modificações e maior facilidade para correções de erros.
10. Dispositivos reconfiguráveis tem a capacidade de alterar o fluxo de dados dinamicamente conforme a necessidade do sistema. Supridos por um conjunto de instruções flexíveis que utilizam um arquivo binário para configurar uma nova estrutura.
11. Do seu ponto de vista, qual é a melhor definição para o conceito de "Dispositivos Reconfiguráveis"?

os FPGAs por exemplo. Dispositivo de hardware de propósito geral, programável (customizável) estática ou dinamicamente. Dispositivos Reconfiguráveis possuem a possibilidade de ter sua configuração alterada (estaticamente ou em tempo real), oferecendo maior flexibilidade para modificações e maior capacidade de alterar o fluxo de dados dinamicamente conforme a necessidade do sistema, e possuem como componentes: tecido reconfigurável, memórias, esquema de roteamento e unidades de processamento embarcado, além disso, múltiplos geradores de clock são oferecidos para flexibilidade do sistema. Novamente um processador é um dispositivo reconfigurável. Um dispositivo reconfigurável FPGA possui baixa granularidade, o que permite a implementação de qualquer circuito digital nele, incluindo processadores e aceleradores. A palavra chave que define um FPGA é "BAIXA GRANULARIDADE". São aqueles que podem ser reconfigurados após sua fabricação. Dispositivos reconfiguráveis possuem a possibilidade de ter sua configuração alterada (estaticamente ou em tempo real), oferecendo maior flexibilidade para modificações e maior facilidade para correções de erros. Dispositivos reconfiguráveis tem a capacidade de alterar o fluxo de dados dinamicamente conforme a necessidade do sistema. Supridos por um conjunto de instruções flexíveis que utilizam um arquivo binário para configurar

uma nova estrutura. Dispositivos reconfiguráveis são circuitos integrados constituídos por um conjunto de unidades lógicas reconfiguráveis, normalmente agrupados sob a forma de uma matriz de duas dimensões e interconectados por um sistema de interconexão também reconfigurável. Os dispositivos reconfiguráveis também possuem alguns blocos dedicados, como, por exemplo, geradores de clock, e blocos mais complexos como bancos de memória e multiplicadores. Mais recentemente os dispositivos reconfiguráveis passaram a incluir um ou mais microprocessadores.

Parte 3/4

As afirmativas abaixo foram extraídas da literatura a respeito do tema "Sistemas Reconfiguráveis". Por favor indique seu grau de concordância ou discordância com essas sentenças.

1. Sistemas reconfiguráveis oferecem um método alternativo para aplicações em geral, por que combinam a velocidade e consumo de energia do hardware dedicado com a flexibilidade da programação do FPGA. O acesso direto a memória pode ser configurado, reduzindo as dependências em relação ao processador.
2. Sistemas reconfiguráveis possuem capacidade de armazenamento de dados dentro do chip, fazendo assim com que os resultados sejam processados mais rapidamente.
3. Sistemas reconfiguráveis exploram soluções de hardware e software, oferecendo uma plataforma flexível que pode ser modificada em função do tempo.
4. Sistemas reconfiguráveis oferecem uma plataforma com características de co-processadores acoplados juntos a CPU, permitindo que partes críticas de software sejam implementadas em hardware.
5. Sistemas reconfiguráveis são largamente utilizados para computação intensiva. Utiliza-se uma abordagem híbrida, que combina o melhor da heterogeneidade do FPGA com a capacidade de adaptação de sua arquitetura para aplicações de alta complexidade.
6. Sistemas reconfiguráveis possuem desempenho limitado pela velocidade de comunicação entre Memória-CPU-FPGA.
7. Sistemas reconfiguráveis permitem explorar o paralelismo em diferentes níveis: Ciclo de operação e Processamento do Fluxo de dados.
8. Sistemas reconfiguráveis possuem uma arquitetura customizada onde dinamicamente suas funções são adaptadas para se ajustar as mudanças necessárias durante o tempo de execução.
9. Sistema reconfigurável é um paradigma para acelerar aplicações utilizando hardware programável.

10. Sistemas reconfiguráveis dispõem de um hardware controlador programável (o qual difere controle e configuração). Esse controlador define a funcionalidade do hardware em cada momento para executar diferentes tarefas.
11. Na sua opinião, qual é a melhor definição para o conceito de "Sistemas Reconfiguráveis"?

sistemas reconfiguráveis são sistemas computacionais que exploram a capacidade de reconfiguração de dispositivos reconfiguráveis de modo a combinar a facilidade de programação dos microprocessadores, com o desempenho dos circuitos dedicados e a flexibilidade dos dispositivos reconfiguráveis. Termo mais abrangente que pode designar qualquer sistema que usa uma arquitetura reconfigurável ou que foi desenvolvido com dispositivos reconfiguráveis. Sistemas reconfiguráveis dispõem de um hardware controlador programável (o qual difere controle e configuração). Esse controlador define a funcionalidade do hardware em cada momento para executar diferentes tarefas. Sistema já é mais amplo, não define-se um dispositivo e não necessariamente envolve CPU e FPGA. Um sistema reconfigurável é como se fosse um conjunto de arquiteturas reconfiguráveis. Sistemas reconfiguráveis possuem desempenho limitado pela velocidade de comunicação entre Memória-CPU-FPGA. Sistemas reconfiguráveis exploram soluções de hardware e software, oferecendo uma plataforma flexível que pode ser modificada em função do tempo, permitindo acelerar aplicações utilizando hardware programável. Um Sistema Reconfigurável permite que se tenha mais de um hardware de aplicação específica em um mesmo hardware programável. Não há. A tendência ALTERA e XILINX é mixar processadores ARM (dual ARM é tendência forte), com FPGA para processamento intensivo e paralelo de fluxos com alta taxa. Eu vou na mesma linha: "reconfigurabilidade" e mudar em tempo de execução características do hardware. A baixa granulosidade dos FPGAs é que permite ter um melhor aproveitamento da reconfiguração, comparando-se com um processador (mudança apenas da instrução da ULA).

Parte 4/4

Dados os conceitos abaixo, por favor indique seu grau de relevância para a área de Computação Reconfigurável.

1. Classificação da arquitetura (Puramente reconfiguráveis ou híbridos).
2. Escalabilidade.
3. Programabilidade.
4. Granularidade.
5. Reconfigurabilidade.
6. Metodologia para desenvolvimento de projeto.

7. Tecnologia de programação (Volátil ou não Volátil).
8. Modelo computacional (Monoprocessador, Multiprocessado, SIMD, etc.).
9. Modelo Implementação (Programável, Reconfigurável, Misto).
10. Configuração da estrutura (Espacial ou Topologica).
11. Modelo de programação (Descrição, Alto nível ou esquemático).
12. Microarquitetura (LUT's, esquema de roteamento, DSP's, Multiplicadores, etc.).
13. Descrição (Estrutural ou Comportamental).
14. Níveis de integração ou acoplamento (Coprocessadores, Embarcado, híbridos, etc.).
15. Síntese lógica.
16. Tecnologia de mapeamento.
17. Gestão da reconfiguração (Arquitetura e Controle).
18. Classe do dispositivo programável (CPLD's, PAL, FPGA, MPGA, etc.).
19. Arquitetura de roteamento.
20. Classificação do sistema (Comercial ou Acadêmico).

Considerações Finais

1. "Dispositivos Reconfiguráveis" e "Hardware Reconfigurável" são sinônimos?.
2. Se você discorda completamente, por favor, compartilhe sua opinião.

Em minha opinião quando você se refere a dispositivo reconfiguráveis está se referindo aos circuitos integrados implementados de modo a conferir a microarquitetura capacidade de reconfiguração. Hardware reconfigurável pode ser qualquer coisa em hardware que possua alguma capacidade de reconfiguração e esta reconfiguração pode inclusive ser realizada por meio de software. Dispositivos reconfiguráveis estão relacionados com o elemento capaz de implementar a lógica reconfigurável, Hardware reconfigurável envolve muitos outros aspectos. Em Dispositivos Reconfiguráveis tem-se a idéia de um aspecto dentro da computação reconfigurável, já Hardware Reconfigurável tem um aspecto conceitual muito mais abrangente. Dispositivos Reconfiguráveis - é um COMPONENTE, que pode ter sua funcionalidade alterada em tempo de execução. Hardware Reconfigurável - pode ser um MPSOC, FPGA, microprocessador, cuja configuração do hardware muda em tempo de execução. A diferença é que o hardware reconfigurável pode ser um SISTEMA. Dispositivos reconfiguráveis são um tipo de hardware reconfigurável.

3. Os níveis de integração ou acoplamento, entre a lógica reconfigurável e microprocessador, são características exclusivas dos sistemas reconfiguráveis e não das arquiteturas reconfiguráveis.

4. Com relação aos principais conceitos que envolvem o termo "Computação reconfigurável", podemos destacar os seguintes: Sistemas reconfiguráveis, Arquiteturas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis. Estes são responsáveis por grande parte de toda fundamentação teórica do termo.
5. Se você discorda completamente, por favor, compartilhe sua opinião.
6. A construção de um arcabouço conceitual é importante para uma determinada área de pesquisa.
7. Este questionário é útil para a definição de conceitos que aparecem de forma divergente na literatura da área.
8. Como você definiria o conceito de "Computação Reconfigurável"?

Computação Reconfigurável é aquela que permite adaptar a plataforma de um hardware específico a características de execução da aplicação visando obter melhor sinergia entre todos os componentes de um sistema computacional. A computação reconfigurável é um paradigma que tem o compromisso de preencher o espaço existente entre as implementações em software e hardware, atingindo maior desempenho que o software e mantendo um maior grau de flexibilidade em relação ao hardware. Paradigma computacional que emprega o melhor do software e o melhor do hardware. computação reconfigurável é um novo paradigma da computação que, aproveitando-se da capacidade configuração dos dispositivos reconfiguráveis, estuda o projeto e desenvolvimento arquitetura e sistemas reconfigura, e explora a programação tanto do ponto de vista temporal quando do ponto de vista espacial. Paradigma que possui o desempenho do Hardware com a flexibilidade do Software. Repito, trabalho com FPGAs e MPSoCs a mais de uma década e a fronteira entre o que é e o que não é reconfigurável é cada vez mais fuzzy.

9. Se você tiver qualquer comentário adicional, crítica ou sugestão sobre essa pesquisa, por favor informe.

Parabéns Manda um email para caps@pucminas.br, ele é o maior especialista em terminologia nessa área. Por enquanto não tenho críticas importantes. Tal vez curiosidade de como a pesquisa poderá ajudar e facilitar o uso de computação reconfigurável nos cursos de computação e engenharia, e como ela pode aumentar o interesse e aplicação no mundo industrial, não somente acadêmico.

Final - Obrigado por sua contribuição

De acordo com as respostas do questionário, além da contribuição das respostas dos especialistas perante as questões de pesquisa, pode-se citar alguns pontos importantes observados,

1. Todos os respondentes informaram que este questionário é útil para auxiliar na definição dos conceitos que se encontram divergentes na literatura;
2. Grande parte dos respondentes acham o arcabouço conceitual um ferramenta importante para um determinado campo de estudo;
3. 86% dos respondentes concordam que os termos Arquitetura reconfigurável, Sistema reconfigurável e Dispositivo reconfigurável são os principais conceitos que envolvem o campo da computação reconfigurável;

4.2.0.5 Respostas do questionário de pesquisa

Parte 1/4



Figura 4.9: Questão 1 - Parte 1/4



Figura 4.10: Questão 2 - Parte 1/4



Figura 4.11: Questão 3 - Parte 1/4



Figura 4.12: Questão 4 - Parte 1/4



Figura 4.13: Questão 5 - Parte 1/4



Figura 4.14: Questão 6 - Parte 1/4



Figura 4.15: Questão 7 - Parte 1/4



Figura 4.16: Questão 8 - Parte 1/4

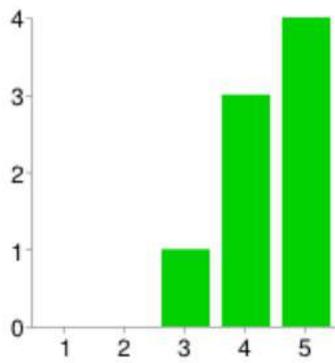


Figura 4.17: Questão 9 - Parte 1/4



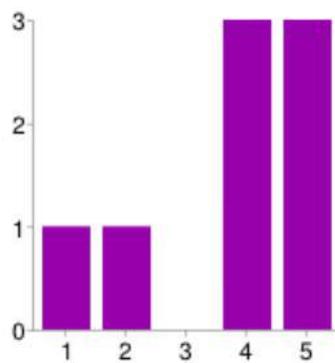
Figura 4.18: Questão 10 - Parte 1/4

Parte 2/4



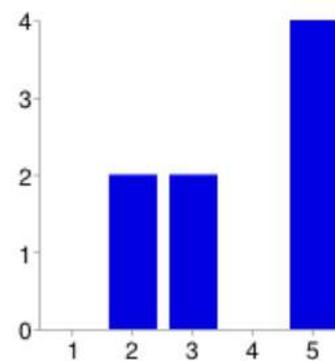
1	0	0%
2	0	0%
3	1	13%
4	3	38%
5	4	50%

Figura 4.19: Questão 1 - Parte 2/4



1	1	13%
2	1	13%
3	0	0%
4	3	38%
5	3	38%

Figura 4.20: Questão 2 - Parte 2/4



1	0	0%
2	2	25%
3	2	25%
4	0	0%
5	4	50%

Figura 4.21: Questão 3 - Parte 2/4



Figura 4.22: Questão 4 - Parte 2/4



Figura 4.23: Questão 5 - Parte 2/4



Figura 4.24: Questão 6 - Parte 2/4



Figura 4.25: Questão 7 - Parte 2/4



Figura 4.26: Questão 8 - Parte 2/4



Figura 4.27: Questão 9 - Parte 2/4



Figura 4.28: Questão 10 - Parte 2/4

Parte 3/4



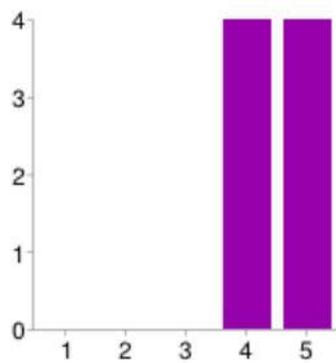
Figura 4.29: Questão 1 - Parte 3/4



Figura 4.30: Questão 2 - Parte 3/4

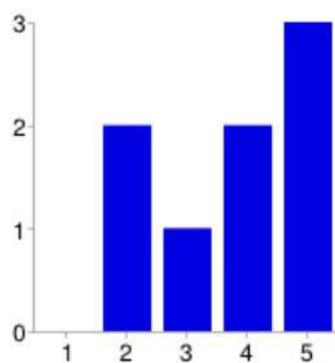


Figura 4.31: Questão 3 - Parte 3/4



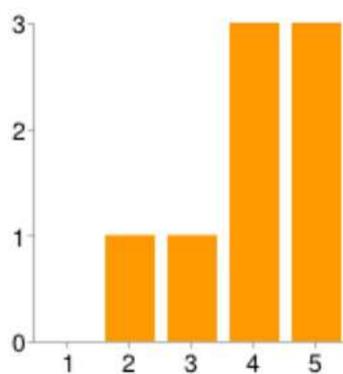
1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	4	50%
5	4	50%

Figura 4.32: Questão 4 - Parte 3/4



1	0	0%
2	2	25%
3	1	13%
4	2	25%
5	3	38%

Figura 4.33: Questão 5 - Parte 3/4



1	0	0%
2	1	13%
3	1	13%
4	3	38%
5	3	38%

Figura 4.34: Questão 6 - Parte 3/4



Figura 4.35: Questão 7 - Parte 3/4



Figura 4.36: Questão 8 - Parte 3/4



Figura 4.37: Questão 9 - Parte 3/4



Figura 4.38: Questão 10 - Parte 3/4

Parte 4/4



Figura 4.39: Questão 1 - Parte 4/4



Figura 4.40: Questão 2 - Parte 4/4



Figura 4.41: Questão 3 - Parte 4/4



Figura 4.42: Questão 4 - Parte 4/4



Figura 4.43: Questão 5 - Parte 4/4



Figura 4.44: Questão 6 - Parte 4/4



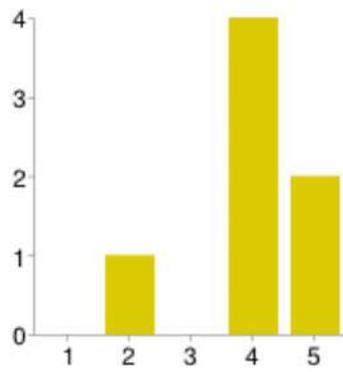
Figura 4.45: Questão 7 - Parte 4/4



Figura 4.46: Questão 8 - Parte 4/4

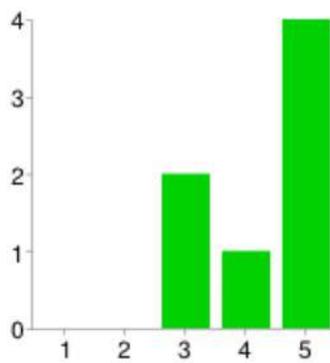


Figura 4.47: Questão 9 - Parte 4/4



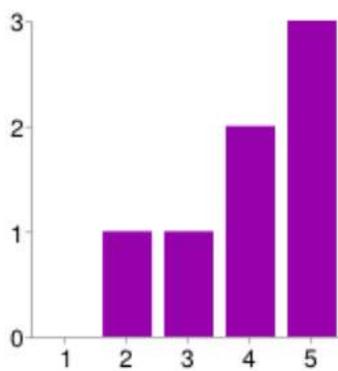
1	0	0%
2	1	14%
3	0	0%
4	4	57%
5	2	29%

Figura 4.48: Questão 10 - Parte 4/4



1	0	0%
2	0	0%
3	2	29%
4	1	14%
5	4	57%

Figura 4.49: Questão 11 - Parte 4/4



1	0	0%
2	1	14%
3	1	14%
4	2	29%
5	3	43%

Figura 4.50: Questão 12 - Parte 4/4



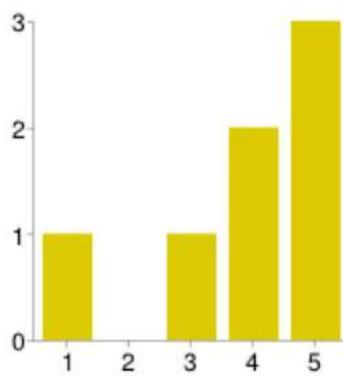
Figura 4.51: Questão 13 - Parte 4/4



Figura 4.52: Questão 14 - Parte 4/4

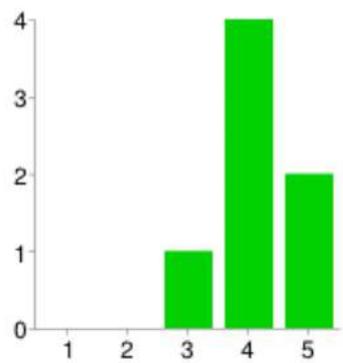


Figura 4.53: Questão 15 - Parte 4/4



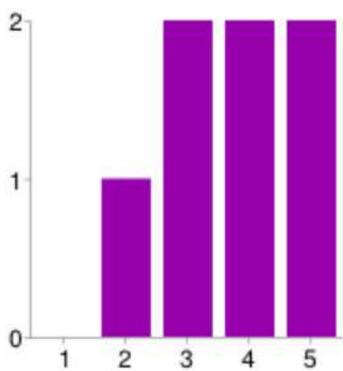
1	1	14%
2	0	0%
3	1	14%
4	2	29%
5	3	43%

Figura 4.54: Questão 16 - Parte 4/4



1	0	0%
2	0	0%
3	1	14%
4	4	57%
5	2	29%

Figura 4.55: Questão 17 - Parte 4/4



1	0	0%
2	1	14%
3	2	29%
4	2	29%
5	2	29%

Figura 4.56: Questão 18 - Parte 4/4



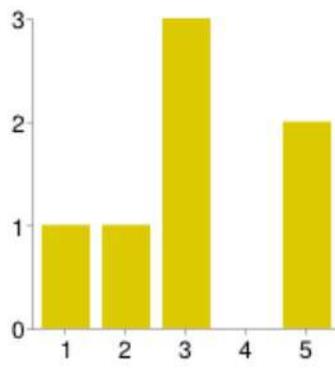
Figura 4.57: Questão 19 - Parte 4/4



Figura 4.58: Questão 20 - Parte 4/4

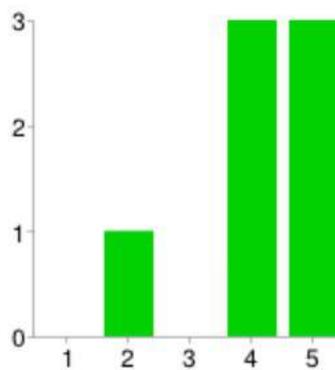


Figura 4.59: Questão 21 - Parte 4/4



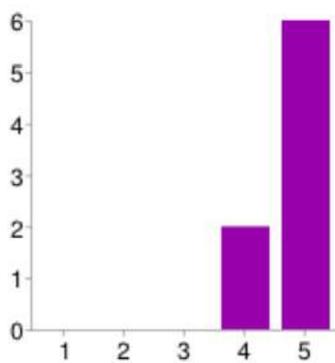
1	1	14%
2	1	14%
3	3	43%
4	0	0%
5	2	29%

Figura 4.60: Questão 22 - Parte 4/4



1	0	0%
2	1	14%
3	0	0%
4	3	43%
5	3	43%

Figura 4.61: Questão 23 - Parte 4/4



1	0	0%
2	0	0%
3	0	0%
4	2	25%
5	6	75%

Figura 4.62: Questão 24 - Parte 4/4



Figura 4.63: Questão 25 - Parte 4/4

4.3 Considerações sobre o questionário de pesquisa

Para essa discussão cabe salientar que, o questionário de pesquisa foi submetido para 34 pesquisadores da área, que atualmente atuam no Brasil, tendo como 8 pesquisadores o número de respondentes. O intuito do questionário é obter o mais puro senso com relação aos principais conceitos que envolvem o campo da computação reconfigurável, instigando os respondentes a refletir sobre os principais aspectos (componentes) destes conceitos.

Com relação a arquiteturas reconfiguráveis foi possível observar através das definições conceituais com maior índice de concordância, que não existe uma ordem hierárquica com relação aos conceitos discutidos nesta pesquisa (Sistemas - Arquiteturas - Dispositivos). Conclui-se que um dispositivo reconfigurável é uma arquitetura reconfigurável, um microprocessador é uma arquitetura reconfigurável (através da reconfiguração da ULA a cada instruções), um MpSoc é uma arquitetura reconfigurável e que o conceito de arquitetura é aplicado em diversos níveis de abstração, por exemplo, a micro arquitetura de um dispositivo reconfigurável é uma arquitetura reconfigurável, um sistemas que utiliza de dispositivos reconfiguráveis integrados com microprocessadores são um arquitetura reconfigurável. Diante deste contexto, podemos afirmar que existem arquiteturas puramente reconfiguráveis, as quais são compostas somente por elementos internos reconfiguráveis e arquiteturas mistas, que apresentam integração com a lógica reconfigurável.

Com relação a sistemas reconfiguráveis, diante das conclusões com relação a arquiteturas reconfiguráveis, podemos afirmar que um arquitetura reconfigurável mista, possui seu desempenho limitado pela velocidade de comunicação entre dispositivo reconfigurável - memória - CPU (não necessariamente somente esses elementos). Mesmo apesar desta desvantagem, pode ser observado um a grande tendência na utilização deste tipo de sistemas, fabricantes como Altera e Xilinx utilizam processadores ARM (modelo RISC) juntamente com dispositivos reconfiguráveis (FPGA) para processamento intensivo.

Com relação a dispositivos reconfiguráveis, diante da análise feita nas respostas dos arcabouço conceituais, está ficando cada vez mais complicado definir o que é reconfigurável e que não é reconfigurável, um microprocessador que reconfigura sua ULA a cada instruções tem características de reconfigurabilidade, o que diferencia um microprocessador de um dispositivo reconfigurável como FPGA é a baixa granularidade, que permite que o dispositivo explore níveis de reconfigurabilidade mais intensos.

Com relação ao conceito de reconfigurabilidade, podemos concluir que está cada vez mais difícil estabelecer uma fronteira entre o hardware e software. o que define a funcionalidade do hardware é o software, no caso de microprocessadores, o mesmo possui um código binário para configurar a ULA a cada instruções, no caso dos dispositivos reconfiguráveis baseados em FPGA o que define a funcionalidade do hardware é o arquivo de configuração (BitStream).

4.4 Arcabouço Conceitual

O arcabouço conceitual gerado como resultado final desta pesquisa se encontra anexado a este trabalho.

Considerações Finais

Esta dissertação apresenta o desenvolvimento de um arcabouço conceitual para computação reconfigurável, uma vez que, nota-se a existência de certas confusões com relação a aplicação dos conceitos dentro deste campo de estudo. Detalhes do método de pesquisa bem como a criação do arcabouço conceitual são apresentados juntamente com uma explanação teórica sobre os dados coletados e analisados.

A caracterização do problema da-se a partir de uma análise realizada nos trabalhos científicos da área, observa-se que os conceitos de arquiteturas reconfiguráveis, sistemas reconfiguráveis e dispositivos reconfiguráveis, ora são empregados dando uma idéia de paradigma único e ora empregados apresentando certas nuances. Entende-se que a aplicação dos conceitos de forma errônea ou até mesmo de forma imparcial, empobrece o campo de estudo prejudicando na evolução da área de pesquisa.

Uma discussão do campo teórico em qualquer área científica é de extrema importância para construção do conhecimento. Um entedimento mais apurados dos conceitos que envolvem a computação reconfigurável contribui para uma melhor exploração dos recursos da área bem como um entendimento dos limites do campo de estudo.

Este trabalho tem um foco especial sobre o método de pesquisa, pois estudos que objetivam a observação de fenômenos como como este, necessitam ter um método de pesquisa muito bem definido, pois o mesmo guiará o desenvolvedor na coleta, análise e extrapolação dos dados. Foi utilizado técnicas advindas da bibliometria e da estatística, objetivando a identificação dos termos de maior impacto conceitual dentro dos trabalhos publicados na área da computação reconfigurável e a redução do escopo de análise da pesquisa. Dessa forma possibilitou construir um universo de análise mais homogêneo com relação a o objeto de análise (conceitos), possibilitando extrair dos trabalhos analisados

informações mais consolidadas com os termos desta pesquisa. É importante ressaltar que a ferramenta bibliométrica utilizada no método de pesquisa foi desenvolvida exclusivamente para utilização dentro desta pesquisa.

Todo o método de validação foi desenvolvido dentro desta pesquisa. A utilização de um protocolo de análise garantiu o encadeamento das evidências observadas e juntamente com o método de validação DELPHI, possibilitou obter um consenso com relação as informações extraídas da análise quantitativa e qualitativa entre diversos especialistas da área.

A aplicação do método DELPHI ocorreu através da criação, validação e envio de um questionário de pesquisa baseado em escala *likert*, onde os repondentes (pesquisadores da área) contribuíram com suas opiniões sobre as principais definições encontradas na área, aspectos importantes para a computação reconfigurável bem como suas próprias opiniões.

O desenvolvimento do arcabouço conceitual foi realizado observando a convergência nas respostas e opiniões dos pesquisadores através do questionário de pesquisa, correlacionando-as com os dados observados na análise quantitativa e qualitativa. O arcabouço conceitual desenvolvido nesta pesquisa possui características preditivas, no sentido de prever resultados baseado em um arcabouço teórico, assim concluímos que este arcabouço é uma ferramenta em constante evolução e atualização e não algo pronto e terminado. Assim, esta dissertação traz resultados sobre um arcabouço conceitual para computação reconfigurável. Tais resultados foram atingidos depois de um processo estruturado na comunicação grupal. Neste contexto, há alguns pontos classificados como potenciais trabalhos futuros que podem aprofundar esta pesquisa, a saber:

- Estender o questionário de pesquisa para um âmbito internacional, visto que o mesmo foi aplicado somente em âmbito nacional, devido a dificuldade com relação a disponibilidade de tempo para a avaliação das respostas.
- Incluir adendos na análise conceitual, observando não somente os principais conceitos (arquiteturas reconfiguráveis, sistemas reconfiguráveis e dispositivos reconfiguráveis) mas também, técnicas utilizadas na computação reconfigurável.
- Realizar um estudo sobre a qualidade da parte experimental dos trabalhos publicados. Foi possível observar que um grande número de trabalhos publicados não apresentam resultados satisfatórios da parte.
- Desenvolver uma metodologia para o desenvolvimento de projeto em hardware reconfigurável, pois acredita-se que a falta de uma metodologia clara para desenvolvimento de projeto contribui para falta de qualidade dos experimentos.
- Aplicar o questionário de pesquisa a um grupo de estudantes e pesquisadores em fase inicial de aprendizado e efetivamente verificar a eficácia do arcabouço como ferramenta de auxílio através da aplicação do Test T Pareado.

Referências

- Abbagnano, N. (1970). Tradução: Alfredo Bosi - Dicionário de Filosofia. *Dicionário de filosofia*, 2.
- Atwood, J. R., Hinds, P., Benoliel, J. Q., e Artinian, B. M. (1986). Heuristic heresy: Application of reliability and validity criteria to products of grounded theory. *Western Journal of Nursing Research*, 8(2):135–154.
- Barbetta, P. A. (2008). *Estatística aplicada às ciências sociais*. Ed. UFSC.
- Baumgarte, V., Ehlers, G., May, F., Nüchel, A., Vorbach, M., e Weinhardt, M. (2003). PACT XPP—a self-reconfigurable data processing architecture. *the Journal of Supercomputing*, 26(2):167–184.
- Bell, G., Feldman, J., Provost, V., Goldberg, P., Pinson, E., e TelephoneLaboratories, B. (1979). REJUVENATING EXPERIMENTAL COMPUTER SCIENCE.
- Board, I. I. P. S. A. S. (2013). The Conceptual Framework for General Purpose Financial Reporting by Public Sector Entities. URL: <http://www.ifac.org/sites/default/files/publications/files/Public%20Sector%20Conceptual%20Framework%20Ch%20%201-4%20Jan%20%2011%202013%20FINAL.pdf>. Acesso em 20/12/2013.
- Boehm, B. W. (1988). A spiral model of software development and enhancement. *Computer*, 21(5):61–72.
- Booth, A. D. (1967). A "Law" of occurrences for words of low frequency. *Information and control*, 10(4):386–393.
- Calazans, N. L. V. (1998). *Projeto lógico automatizado de sistemas digitais seqüenciais*. DCC/IME.
- Candido, F. (2009). Será o fim da Lei de Moore? URL: <http://info.abril.com.br/noticias/ti/sera-o-fim-da-lei-de-moore-10042009-10.shtml>, note = Acesso em 20/12/2013.
- Compton, K. e Hauck, S. (2002). Reconfigurable computing: a survey of systems and software. *ACM Computing Surveys (csuR)*, 34(2):171–210.
- Dahlberg, I. (1978a). A referent-oriented, analytical concept theory for INTERCONCEPT. *International classification*, 5(3):142–150.

- Dahlberg, I. (1978b). Teoria do conceito. *Ciência da informação*, 7(2).
- de Meyrick, J. (2003). The Delphi method and health research. *Health education*, 103(1):7–16.
- DeHon, A. (2000). The density advantage of configurable computing. *Computer*, 33(4):41–49.
- Ebeling, C., Cronquist, D. C., e Franklin, P. (1996). RaPiD—Reconfigurable pipelined datapath. In *Field-Programmable Logic Smart Applications, New Paradigms and Compilers*, páginas 126–135. Springer.
- Felber, H. (1984). Terminology Manual.
- Framework, I. (2008). Conceptual framework for financial reporting. URL: http://catalogue.pearsoned.co.uk/assets/hip/gb/hip_gb_pearsonhighered/samplechapter/KothariCh2.pdf. Acesso em 20/12/2013.
- Gaspar, L., Fischer, V., Bernard, F., Bossuet, L., e Cotret, P. (2010). HCrypt: A novel concept of crypto-processor with secured key management. In *Reconfigurable Computing and FPGAs (ReConFig), 2010 International Conference on*, páginas 280–285. IEEE.
- Gil, A. S., Benitez, J. I. B., Calvino, M. H., e Gomez, E. H. (2010). Reconfigurable cache implemented on an FPGA. In *Reconfigurable Computing and FPGAs (ReConFig), 2010 International Conference on*, páginas 250–255. IEEE.
- Gokhale, M. B. (1990). *Splash: A reconfigurable linear logic array*, volume 9. Supercomputing Research Center.
- Goldstein, S. C., Schmit, H., Budiu, M., Cadambi, S., Moe, M., e Taylor, R. R. (2000). PipeRench: A reconfigurable architecture and compiler. *Computer*, 33(4):70–77.
- Gomes, A. A. (2010). Estudo de Caso -Planejamento e Métodos. *Estudos sobre Educação*, 15(16).
- Guedes, V. L. e Borschiver, S. (2005). Bibliometria: uma ferramenta estatística para a gestão da informação e do conhecimento, em sistemas de informação, de comunicação e de avaliação científica e tecnológica. *Encontro Nacional de Ciência da Informação*, 6:1–18.
- Hartenstein, R. (2001). A decade of reconfigurable computing: a visionary retrospective. In *Proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe*, páginas 642–649. IEEE Press.
- Hartenstein, R. (2007). The von neumann syndrome. In *Stamatis Vassiliadis Memorial Symp*. Citeseer.
- Hauck, S. e DeHon, A. (2010). *Reconfigurable computing: the theory and practice of FPGA-based computation*. Morgan Kaufmann.
- IEEE (2013). ieeexplore digital library. URL: <http://www.ieeexplore.ieee.org/Xplore/home.jsp>. Acesso em 17/05/2013.

- Jabareen, Y. R. (2009). Building a conceptual framework: philosophy, definitions, and procedure. *International Journal of Qualitative Methods*, 8(4):49–62.
- James R. Jeffery, D. (2010). Conceptual Framework - “To Educate Is to Redeem”. URL: http://www.andrews.edu/sed/resources/faculty/policy/conceptual_framework.pdf. Acesso em 20/12/2013.
- Jarvinen, K. U. e Skytta, J. O. (2008). High-speed elliptic curve cryptography accelerator for koblitz curves. In *Field-Programmable Custom Computing Machines, 2008. FCCM'08. 16th International Symposium on*, páginas 109–118. IEEE.
- Kaplan, A. (1964). The conduct of inquiry. Scranton. *Pa: Chandler*.
- Kayo, E. K. e Securato, J. R. (1997). Método Delphi: fundamentos, críticas e vieses. *Cadernos de pesquisa em administração*, 1(4):51–61.
- Kerlinger, F. N. (1979). *Metodologia da pesquisa em ciências sociais: um tratamento conceitual*. Epu.
- Knapp, S. (2010). What’s in a name? A history of taxonomy. URL: <http://www.nhm.ac.uk/nature-online/science-of-natural-history/taxonomy-systematics/history-taxonomy/index.html>. Acesso em 17/12/2013.
- Lakatos, E. M. e Marconi, M. d. A. (2003). *Fundamentos de metodologia científica*, volume 5. Atlas.
- Landeta, J. (2006). Current validity of the Delphi method in social sciences. *Technological forecasting and social change*, 73(5):467–482.
- Levine, D. M. B. e Stephan, M. L. (2000). David. Estatística: teoria e aplicações. *Usando o Microsoft Excel em português*.
- Lisboa, S. S. (2007). A importância dos conceitos da geografia para a aprendizagem de conteúdos geográficos escolares. *CEP*, 36570:000.
- Martins, G. d. A. (2010). Sobre conceitos. Definições e Constructos nas Ciências Administrativas. *Gestão & Regionalidade*, 21(62).
- Maxfield, M. (2012). Introducing early programmable FPGA fabric. URL: <http://xilinx.eetop.cn/viewnews-1286>. Acesso em 20/12/2013.
- Mesquita, D. G. (2002). Contribuições para reconfiguração parcial, remota e dinâmica de FPGAs. *Mestrado em Ciência da computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUC/RS, Brasil*.
- Miles, M. B. e Huberman, A. M. (1994). *Qualitative data analysis: An expanded sourcebook*. Sage, 2 edition.
- Morales Sandoval, M. e Feregrino Uribe, C. (2006). GF (2m) arithmetic modules for elliptic curve cryptography. In *Reconfigurable Computing and FPGA's, 2006. ReConFig 2006. IEEE International Conference on*, páginas 1–8. IEEE.

- Moreno, E. D., da Silva Martins, C. A. P., Ordonez, Corrêa, J. B. T., e Carvalho, M. B. (2005). Computação reconfigurável: conceitos, tendências e aplicações. *Ciência, Tecnologia e Inovação: Atalhos para o Futuro-Anais*, 2:339–388.
- Oliveira, E. F. T. e Grácio, M. C. C. (2005). Análise a respeito do tamanho de amostras aleatórias simples: uma aplicação na área de Ciência da Informação. *Revista de Ciência da Informação*, 6(3):1–11.
- Oliveira, R. D., Mesquita, D. G., e Rosa, P. F. (2013). HARP: Um novo protocolo para alta disponibilidade implementado em FPGA. *31o Simpósio Brasileiro de Redes de Computadores e Sistemas Distribuídos – SBRC 2013*, páginas 105–118.
- Organization, W. H. (2009). Conceptual Framework for the International Classification for Patient Safety. URL: http://www.who.int/patientsafety/taxonomy/icps_full_report.pdf. Acesso em 20/12/2013.
- Otero, J. C. S. (2006). Javarray: uma arquitetura reconfigurável para o aumento de performance e economia de energia de aplicações embarcadas baseadas em Java. *Instituto de Informática–Universidade Federal do Rio Grande do Sul–UFRGS*.
- Page, I. (1996). Reconfigurable processor architectures. *Microprocessors and Microsystems*, 20(3):185 – 196.
- Perre, M. A., Borges, T. H. N., Franulic, R. A. F., e Flores, H. R. (1986). Fuzzy: modelo matemático do subjetivo. *Semina: Ciências Biológicas e da Saúde*, 7(1):20–24.
- Radunovic, B. e Milutinovic, V. (1998). A survey of reconfigurable computing architectures. In R. Hartenstein e A. Keevallik, editores, *Field-Programmable Logic and Applications From FPGAs to Computing Paradigm*, volume 1482 of *Lecture Notes in Computer Science*, páginas 376–385. Springer Berlin Heidelberg.
- Rose, J., Kuon, I., e Tessier, R. (2008). Fpga architecture: Survey and challenges. *Foundations and Trends® in Electronic Design Automation*, 2(2):135–253.
- Sanchez, E., Sipper, M., Haenni, J.-O., Beuchat, J.-L., Stauffer, A., e Perez-Uribe, A. (1999). Static and dynamic configurable systems. *Computers, IEEE Transactions on*, 48(6):556–564.
- Shields, P. M. (1998). Pragmatism as a philosophy of science: A tool for public administration. 4:195–225.
- Singh, H., Lee, M.-H., Lu, G., Kurdahi, F. J., Bagherzadeh, N., e Chaves Filho, E. M. (2000). MorphoSys: an integrated reconfigurable system for data-parallel and computation-intensive applications. *Computers, IEEE Transactions on*, 49(5):465–481.
- Skliarova, I. e Ferrari, A. B. (2012). Introdução a computação reconfigurável. *Electrônica e Telecomunicações*, 4(1):103–119.
- Skulmoski, G. J., Hartman, F. T., e Krahn, J. (2007). The Delphi method for graduate research. *Journal of information technology education*, 6:1.
- Sun, Q., Jiang, J., Zhu, Y., e Fu, Y. (2013). A Reconfigurable Architecture for 1-D and 2-D Discrete Wavelet Transform. In *Field-Programmable Custom Computing Machines (FCCM), 2013 IEEE 21st Annual International Symposium on*, páginas 81–84. IEEE.

- Tichy, W. F., Lukowicz, P., Prechelt, L., e Heinz, E. A. (1995). Experimental evaluation in computer science: A quantitative study. *Journal of Systems and Software*, 28(1):9–18.
- Triola, M. (1999). *Introdução a Estatística*. LTC, 7 edition.
- Vuillemin, J. E., Bertin, P., Roncin, D., Shand, M., Touati, H. H., e Boucard, P. (1996). Programmable active memories: Reconfigurable systems come of age. *Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, IEEE Transactions on*, 4(1):56–69.
- Waingold, E., Taylor, M., Srikrishna, D., Sarkar, V., Lee, W., Lee, V., Kim, J., Frank, M., Finch, P., Barua, R., *et al.* (1997). Baring it all to software: Raw machines. *Computer*, 30(9):86–93.
- Wazlawick, R. (2009). *Metodologia de pesquisa para ciência da computação*, volume 1. Elsevier Brasil.
- Wirthlin, M. J. e Hutchings, B. L. (1995). A dynamic instruction set computer. In *FPGAs for Custom Computing Machines, 1995. Proceedings. IEEE Symposium on*, páginas 99–107. IEEE.
- Wright, J. T. e Giovinazzo, R. A. (2000). Delphi: uma ferramenta de apoio ao planejamento prospectivo. *Caderno de Pesquisas em Administração*, 1(12):54–65.
- Yin, R. K. (2005). *Estudo de caso: Planejamento e métodos*, volume 4. Bookman Porto Alegre.
- Zipf Aplicação, U. F. F. (2013). Análise de dados e Probabilidade. URL: <http://www.uff.br/cdme/lpp/lpp-html/lpp-j-br.html>. Acesso em 17/07/2013.

APÊNDICE

A

Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável

ARCABOUÇO CONCEITUAL
COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável

Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável

Versão 1.0

Diego Nunes Molinos

2014

Este documento foi desenvolvido a partir de um estudo requisitado como parte fundamental para obtenção do título de mestre em Ciência da Computação da Universidade Federal de Uberlândia.

O objetivo deste documento é oferecer um aparato teórico para computação reconfigurável, através da consolidação dos principais conceitos que envolvem o campo de estudo bem como a relação entre eles. Todas as informações contidas neste documento são o resultado de uma extensa análise quantitativa e qualitativa nos objetos de estudo. Este documento é público e sua leitura é destinada a todos que possuem interesse sobre o campo de estudo.

1. Introdução.....	7
Arcabouço Conceitual para Computação Reconfigurável.....	9
Papel do Arcabouço Conceitual	9
abreviaturas	12
Definições.....	13
2. Computação Reconfigurável	14
Visão Geral	14
Conceitos Computação Reconfigurável	18
Arquiteturas reconfiguráveis.....	18
dispositivos reconfiguráveis	19
Sistemas reconfiguráveis.....	20
Programação X Configuração	22
Mapa Conceitual para Computação Reconfigurável.....	23
Arquiteturas Reconfiguráveis.....	24
Sistemas Reconfiguráveis.....	28
Dispositivo reconfigurável.....	31
Granularidade.....	35
Gerenciamento da reconfiguração	36
Desenvolvimento e projeto de aplicações em Sistemas Reconfiguráveis	38
Fluxo de desenvolvimento	39
Ferramenta de desenvolvimento	41
Considerações Conceituais.....	42
3. Domínios de aplicações da computação reconfigurável.....	43
4. Principais trabalhos utilizados para fundamentação conceitual.....	45

1. INTRODUÇÃO

Este arcabouço conceitual trata-se de uma ferramenta teórica, onde objetiva-se presumir a relação entre os principais conceitos e componentes que envolvem o campo de estudo da computação reconfigurável. Este arcabouço conceitual irá oferecer ao leitor não somente uma explanação teórica como modelos quantitativos, mas um entendimento mais apurado para o campo de estudo.

Em suma, este arcabouço conceitual foi construído através de análises quantitativa e qualitativa de trabalhos publicados dentro da área da computação reconfigurável e também livros e *surveys*. Foram observados diversos aspectos dentro das publicações, tais como: motivação para o uso da computação reconfigurável, áreas de aplicações, principais características dos conceitos bem como as definições conceituais dos principais termos que envolvem a computação reconfigurável (Sistemas reconfiguráveis, Arquiteturas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis). Todas as informações foram sintetizadas e validadas por um grupo de especialistas, através da aplicação de um questionário de pesquisa utilizando o método DELPHI.

Este arcabouço conceitual irá servir como uma ferramenta de auxílio teórico para o aprendizado em computação reconfigurável, auxiliando o leitor nas suas escolhas metodológicas e fornecendo um aparato conceitual consolidado e de prático acesso.

Este arcabouço objetiva contribuir com o conhecimento do leitor da seguinte forma:

- Apresentar a definição dos principais conceitos dentro do campo de computação reconfigurável, bem com seus componentes e atributos;
- Apresentar um mapa conceitual para computação reconfigurável;
- Mostrar tendências atuais no campo da computação reconfigurável com relação a sistemas reconfiguráveis, arquiteturas reconfiguráveis, programação e desenvolvimento de sistemas reconfiguráveis;
- Apresentar as principais áreas de utilização da computação reconfigurável, identificando também as principais características que motivam essa utilização;

O texto deste arcabouço encontra-se organizado da seguinte forma:

A seção 2 apresenta uma análise sobre as principais contribuições deste arcabouço conceitual para a computação reconfigurável e importância de um arcabouço como ferramenta auxiliar para pesquisa.

A seção 3 apresenta todos os aspectos discutidos nesta obra, dando ênfase a análise conceitual sobre a computação reconfigurável.

Por último, a seção 4 aborda as considerações finais deste arcabouço, ressaltando suas limitações e propostas de melhorias para trabalhos futuros.

ARCABOUÇO CONCEITUAL PARA COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

Subdividido em duas seções, este capítulo tem como objetivos (i) apresentar a base de organização do arcabouço, bem como (ii) apresentar a contribuição do arcabouço conceitual para computação reconfigurável.

PAPEL DO ARCABOUÇO CONCEITUAL

Este arcabouço conceitual, em um amplo senso, objetiva contribuir para formação teórica do leitor através da interpretação dos principais termos do campo da computação reconfigurável e a relação entre eles. Toda base deste arcabouço está definida em 4 partes, essas que representam a fundamentação teórica básica para a evolução do conhecimento dentro do campo de estudo.

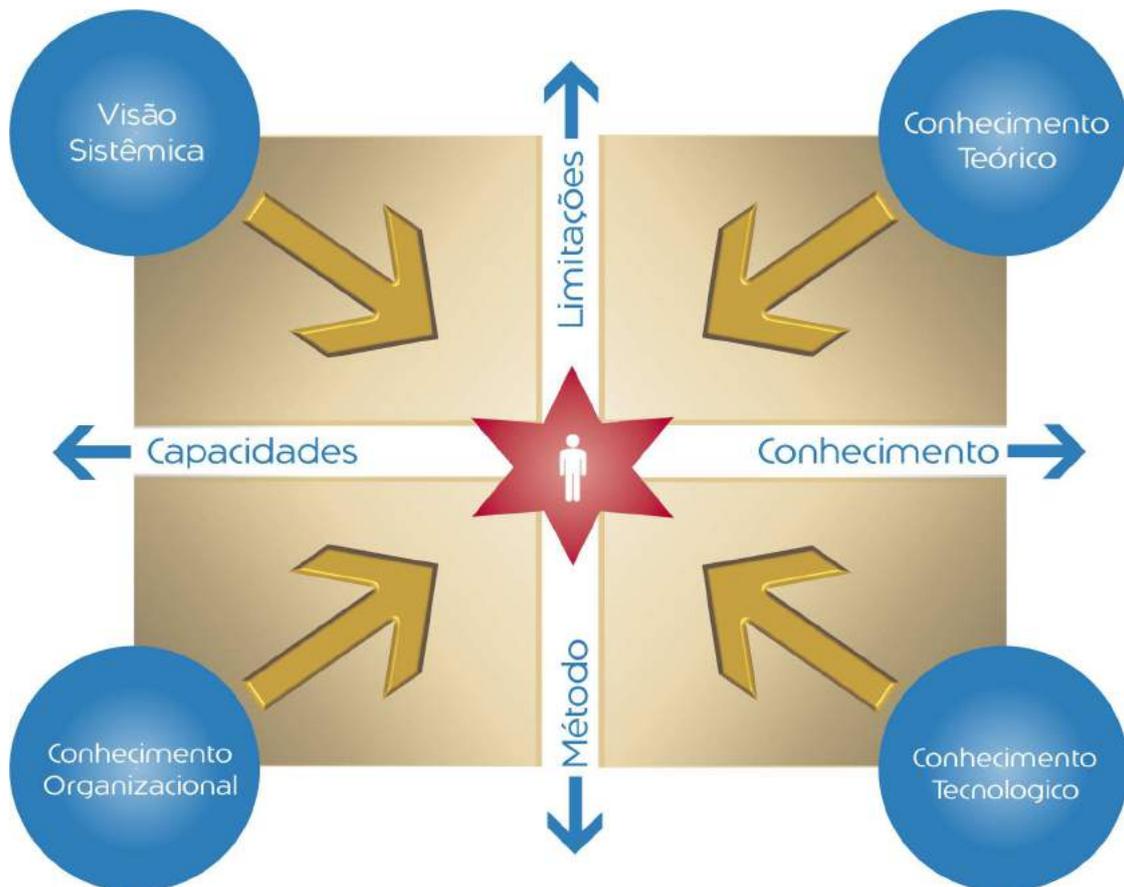


Figura 1 – Contribuição do Arcabouço Conceitual

Visão Geral - A construção do conhecimento sempre se inicia remetendo nos a uma avaliação histórica sobre o campo de estudo, abordando aspectos filosóficos e históricos. Este tipo de análise contribui para que se possa adquirir uma noção de quais são os principais paradigmas e motivações para o desenvolvimento do conhecimento. Com relação a Visão Geral, observando o contexto sobre o campo da computação reconfigurável, pode-se definir as principais contribuições:

- Paradigmas envolvidos;
- Motivação para o surgimento da computação reconfigurável;
- Parâmetros tecnológicos;
- Limitações atuais no âmbito teórico;

Conhecimento Teórico - Se tratando de um arcabouço conceitual, toda sua contribuição está direcionada ao entendimento dos conceitos e a relação entre eles, utilizando-os como ferramenta auxiliar de pesquisa e não como simples termos decorados e aplicados sem a devida exploração teórica. Este arcabouço aborda com ênfase os principais conceitos dentro da computação reconfigurável (Sistemas reconfiguráveis, Arquiteturas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis), esses que representam grande parte da fundamentação teórica do campo de estudo. As principais contribuições do conhecimento teórico podem ser observadas através de:

- Construção do mapa conceitual;
- Apresentação das principais definições para os termos;
- Apresentação dos principais componentes e atributos dos conceitos;

Conhecimento Organizacional - Dentro da computação reconfigurável, o conhecimento organizacional possui um papel extremamente importante. Conceitos em sua natureza, possuem componentes e propriedades que os definem (Jabareen 2009), muitos destes componentes são originados de outros conceitos, gerando um relacionamento em cadeia entre os componentes e atributos dos conceitos. A maior problemática com relação a isso, é que esses componentes podem se localizar em níveis de abstração diferentes, sendo explorado como objetos únicos. O conceito de programabilidade possui uma definição única para o termo e é aplicável em vários níveis de abstração dentro da computação reconfigurável, como por exemplo, a programação dos elementos da micro arquitetura possui um nível de abstração mais baixo do que a programação de um algoritmo que irá ser executado sobre uma determinada arquitetura. Assim, o conhecimento organizacional dos conceitos juntamente com seus componentes auxilia no entendimento do papel e funcionalidade que cada um possui dentro da computação reconfigurável. Essa etapa contribui da seguinte forma para o arcabouço conceitual:

- Identificação dos níveis de abstração entre os principais conceitos que envolvem a computação reconfigurável;
- Definição clara dos componentes e atributos que envolvem os conceitos.

Essa abordagem organizacional tende a minimizar uma das principais confusões dentro da área com relação aos conceitos que envolvem a computação reconfigurável (Programação, Configuração e Reconfiguração).

Conhecimento tecnológico - Avaliando a computação reconfigurável dentro de um aspecto tecnológico, temos que seu início se deu com a utilização de dispositivos programáveis. O conhecimento das tecnologias que se encontram por trás da computação reconfigurável aliado a um entendimento do campo teórico pode proporcionar um conhecimento consolidado sobre o campo de estudo. Não é objetivo deste arcabouço fornecer conhecimento básico tecnológico tais como: estudo da lógica e circuitos digitais, espera-se que esse conhecimento já esteja dominado pelo leitor. O conhecimento tecnológico contribui da seguinte forma:

- Identificação das principais tecnologias utilizadas nos dispositivos reconfiguráveis;
- Tipos de dispositivos reconfiguráveis;
- Evolução de sistemas reconfiguráveis;

ABREVIATURAS

ASIC	<i>Application Specific Integrated Circuit</i>
ALU	<i>Arithmetic Logic Unit</i>
CLB	<i>Control Logic Block</i>
CPU	<i>Central Processing Unit</i>
EEPROM	<i>Electrically Erasable Programmable Read Only Memory</i>
E/S	<i>Entrada e Saída</i>
FPGA	<i>Field-Programmable Gate Array</i>
LUT	<i>Look-up Tables</i>
PLD	<i>Programmable Logic Device</i>
PLA	<i>Programmable Logic Array</i>
PAL	<i>Programmable Array Logic</i>
ROM	<i>Read Only Memory</i>
PROM	<i>Programmable Read Only Memory</i>
SoC	<i>System on Chip</i>
ULA	<i>Unidade Lógica Aritmética</i>
VHDL	<i>Very High Speed Integrated Circuits Hardware Description Language</i>
PE	<i>Processing Elements</i>

DEFINIÇÕES

- FPGA:** Dispositivo reconfigurável de baixa granularidade composto por uma matriz de elementos lógicos que permitem utilizar-se da reconfiguração.
- Programação:** *Pode-se programar, através de um processo denominado programação, utilizando um objeto denominado programa. No caso de um microprocessador o programa executável é composto de instruções do conjunto de instruções do nível ISA (Edward, 2005).*
- Configuração:** *Nós podemos configurar, através de um processo denominado configuração, usando um objeto denominado padrão de configuração (conjunto de padrões de configuração). No caso de um dispositivo reconfigurável, que pode ser um FPGA, o padrão de configuração é composto de bits de programação de configuração dos blocos lógicos reconfiguráveis e dos elementos de interconexão e/ou roteamento (Edward, 2005).*
- Granularidade:** Característica do dispositivo ou sistema relacionada com o grão; sendo que entende-se por grão a menor unidade configurável de um dispositivo reconfigurável.
- Grão-grande:** *Os dispositivos de grão grande podem possuir como grão, unidades lógicas e aritméticas (ULAs) e/ou pequenos microprocessadores e memórias (Mesquista, 2001).*
- Grão-pequeno:** *Nos dispositivos com grão pequeno há um grande número de blocos lógicos Simples. Os blocos lógicos normalmente contêm uma função lógica de duas entradas ou um multiplexador 4 para 1 e um flip-flop (Mesquista, 2001).*
- Reconfiguração** Está relacionado com a quantidade de vezes que um dispositivo pode ser configurado. Existe a reconfiguração dinâmica, conhecida como (RTR), *on-the-fly*, que não necessita que o sistema pare de operar e a reconfiguração pode ser parcial (parte do circuito) ou total (circuito total).

2. COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

Subdividido em quatro seções, este capítulo tem como objetivos (i) apresentar aspectos históricos, a motivação para utilização da computação reconfigurável e as tecnologias de programação utilizadas nos dispositivos, (ii) apresentar todo conhecimento teórico desenvolvido, bem como o mapa conceitual, e as principais características dos conceitos inseridos no mapa. Por último, apresentar as tendências de utilização da computação reconfigurável nos tempos atuais.

VISÃO GERAL

A computação vem ao longo dos anos direcionando uma mudança radical no perfil profissional e pessoal de seus usuários. Nos últimos anos pode ser observado um crescente aumento da utilização da computação como ferramenta auxiliar para resolução de problemas. Problemas que são cada vez mais frequentes, nas diferentes áreas do conhecimento e as soluções computacionais utilizadas para resolver grande parte desses problemas, praticamente demandam sempre um grande volume para armazenamento de informações e alta capacidade de processamento.

Grande parte das soluções computacionais utilizadas para uma extensa gama de aplicações, empregam a utilização de computadores convencionais, os quais possuem processadores de propósito geral. Esses processadores são largamente utilizados, devido a alto grau de flexibilidade da plataforma. Conforme (Mesquita, 2002) essa flexibilidade é obtida através de atualizações de software, sendo limitada somente à parte programável dos sistemas.

Considerando aplicações específicas ou de alta intensidade, computadores de propósito geral oferecem poucas possibilidades de otimização, não são capazes de garantir o melhor desempenho devido aos processadores apresentarem uma arquitetura estática e um fixo conjunto de instruções.

Conforme (Candido, 2009) Carl Anderson pesquisador da IBM afirma que investimentos para o desenvolvimento novas tecnologias de processadores devem ser feitos e que os engenheiros hoje, devem prover e desenvolver soluções que exijam cada vez menos recursos dos processadores, como por exemplo, soluções com sub-sistemas embarcados e aceleradores integrados a unidade central de processamento (CPU)

Em função de diversos outros problemas, tais como: falta de desempenho, tempo de reposta, eficiência, disponibilidade e tolerância a falhas, pode-se observar o surgimento de novos modelos ou estilos de computação para suportar a demanda atual de soluções computacionais. Dentro desse contexto a computação

reconfigurável aparece como uma solução intermediária entre flexibilidade e o desempenho, unindo o melhor do paradigma de software e hardware.

A flexibilidade dos microprocessadores está completamente concentrada na parte de software. A execução de processos distintos sobre a mesma plataforma de hardware, utilizando uma arquitetura estática e um conjunto fixo de instruções e possuindo um controle de dados temporal, são os grandes fatores que comprometem o desempenho da solução computacional e favorecem a flexibilidade. Por outro lado, o hardware fixo possui um alto desempenho, porém, deixa muito a desejar com relação a flexibilidade. Dispositivos de hardware fixo possui toda uma arquitetura construída para explorar o máximo dos recursos oferecidos pela plataforma, porém sem a característica de ser reprogramável.

Diante desse contexto podemos concluir que a computação reconfigurável aparece como um paradigma que possui as principais características das soluções em software (flexibilidade) e as principais características das soluções em hardware fixo (alto desempenho), ressaltando que, nem sempre pode ser a melhor opção para as soluções computacionais modernas, pois a mesma tende a ponderar as características particulares de cada paradigma.

A figura 2 ilustra visualmente a localização dos dispositivos reconfiguráveis com relação a microprocessadores e dispositivos de aplicações específicas (ASIC's) observando requisitos de flexibilidade e desempenho. Os dispositivos reconfiguráveis estão distantes de oferecerem um grau de flexibilidade igual ou similar aos dos microprocessadores ou de alcançar o desempenho dos dispositivos de hardware fixo, porém, busca-se uma ponderação entre esses requisitos, agregando um pouco do que cada paradigma oferece.

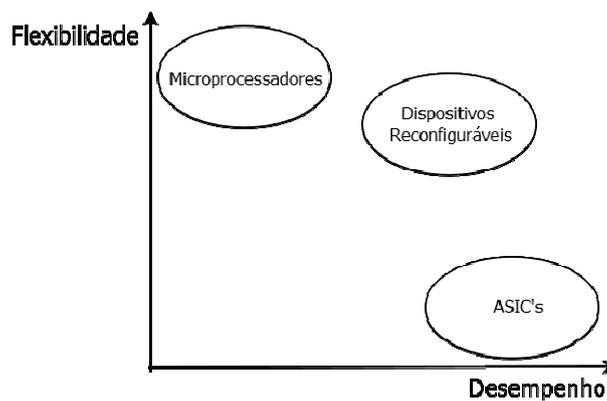


Figura 2 - Comparação entre FPGA - Microprocessador e ASIC no âmbito de flexibilidade e desempenho

A computação reconfigurável teve seu início por volta dos anos 60, através da utilização de dispositivos programáveis. Os primeiros dispositivos eram compostos de uma matriz de células lógicas, as quais poderiam ser programadas via "metalização" durante o processo de fabricação, essas matrizes permitiam ao desenvolvedor utilizar uma função lógica de duas entradas, parece pouco, porém para a época foi um grande avanço na parte de circuitos digitais. Ainda nos anos 60, os dispositivos programáveis

adquiriram a possibilidade de alterar a lógica programada após o processo de fabricação do circuito. Isso foi possível devido aos dispositivos utilizarem fusíveis para construção das funções lógicas. Porém a programação era limitada somente a uma única vez (Rose *et. al*, 2008)

Com a chegada das memórias somente de leitura (ROM), emergiu uma nova era na tecnologia de programação dos dispositivos reconfiguráveis, permitindo explorar caminhos nunca antes explorados, como por exemplo a utilização de funções lógicas de n entradas para construção do circuito lógico. Os primeiros dispositivos programáveis que utilizaram essas tecnologias foram os PLA's, seguido pelos PAL's no final da década de 70, esses que já contavam com o uso de memórias monolíticas, que são construídas utilizando transistor bipolar, que possibilitou na época, uma redução considerável no tamanho do circuito.

Com o avanço tecnológico, os dispositivos programáveis foram sofrendo várias alterações, principalmente com relação a tecnologia de programação das células lógicas. A utilização de memórias somente de leitura (ROM), memórias programáveis de somente leitura (PROM), memórias programáveis e apagáveis (EEPROM) e memórias *flash* proporcionaram uma nova forma de implementar as funções lógicas, permitindo uma redução extremamente satisfatória do circuito final e uma maior flexibilidade pós fabricação.

Conforme a tecnologia de programação dos dispositivos programáveis foi evoluindo, a computação reconfigurável foi se tornando cada vez mais atrativa e promissora. Existem hoje diversos tipos de dispositivos reconfiguráveis, que são configurados e programados de diversas formas diferentes, os mais utilizados são os consagrados FPGA's.

Apesar de existir trabalhos e estudos utilizando FPGA's desde 1980 (Mesquista, 2002) (Rose *et al.*, 2008) e (Moreno *et al.*, 2005), a computação reconfigurável é um área de estudo relativamente nova, comparada com outras áreas científicas. Sua fundamentação conceitual teve seu ápice no final da década de 90 e início de 2000, onde pode-se listar como principais trabalhos as obras de (Hauck e Dehon, 2010), (Dehon, 2000), (Comptom e Hauck, 2002), (Hartenstein, 2001), (Page, 1996), (Sanchez *et al.*, 1999) e (Radunovic e Milutinovic, 1998).

Conforme (Moreno *et al.*, 2005), devido ao fato da computação reconfigurável ter surgido com a utilização de dispositivos programáveis, muitos conceitos que envolvem o campo de estudo não são aplicados ou ainda aplicados não explorando todo seu potencial teórico. Uma discussão conceitual dentro de qualquer campo de estudo, sempre apresenta importância significativa para área, já que estes são considerados instrumentos fundamentais para compreensão da área. O uso indiscriminado dos conceitos e termos dentro de uma área científica, de modo geral, conduz ao empobrecimento da mesma (Lisboa, 2007) e prejudica a evolução da área.

Na computação reconfigurável grande parte dos conceitos e componentes que a definem estão presentes desde a sua conceituação e ainda se mantém como base para evolução teórica da área. Os conceitos de uma forma geral possuem componentes, propriedades e atributos que o definem e ditam sua consistência, é errado assumir que os conceitos são algo pronto e acabado pois os mesmos sempre

contam com atualizações, isso sempre que surge a necessidade de uma melhor compreensão para o termo.

Aspectos importantes observados nesta seção,

- A computação surgiu como um modelo de solução computacional que combina a eficiência do *hardware* fixo juntamente com a flexibilidade oferecida pelo *software*.
- A fundamentação conceitual do campo de estudo teve seu ápice em meados de 2000.
- Atualmente os conceitos que envolvem a computação reconfigurável não são aplicados explorando todo seu potencial, a julgar pelos trabalhos publicados.

CONCEITOS COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

Dentre os principais conceitos que envolvem a computação reconfigurável pode se destacar arquiteturas reconfiguráveis, dispositivos reconfiguráveis e sistemas reconfiguráveis.

ARQUITETURAS RECONFIGURÁVEIS

- **Arquiteturas reconfiguráveis** são arquiteturas computacionais que fazem efetivo uso da reconfigurabilidade de dispositivos que possuem essa característica.
- **Arquiteturas reconfiguráveis** oferecem possibilidade de parametrização com relação ao tamanho do fluxo de dados e à flexibilidade com relação aos elementos processados.
- **Arquiteturas reconfiguráveis** oferecem um conjunto de instruções dinamicamente reconfigurável juntamente com uma topologia adaptada ao fluxo de dados.
- **Arquiteturas reconfiguráveis** podem adaptar o conjunto de recursos reconfiguráveis disponíveis (número de bits de reconfiguração que são necessários para definir o estado da arquitetura) por demanda durante o tempo de execução. Sua reconfigurabilidade está diretamente relacionada com o grau de granularidade da plataforma.
- **Arquiteturas reconfiguráveis** são aquelas que permitem mudar as características do hardware e do conjunto de instruções conforme as necessidades de uma aplicação, se adaptando da melhor forma de modo a aproveitar (sintonizar) as características de execução da aplicação com a melhor implementação/suporte em hardware visando melhor performance conjunto (software e hardware).
- **Arquiteturas reconfiguráveis** podem apresentar diferença estrutural dos componentes básicos com relação a granularidade, utiliza-se componentes de grão fino (LUT's) e componentes de grão grosso (ALU's), juntamente com elementos de processamento (PE's) e um esquema de roteamento. Arquiteturas reconfiguráveis apresentam arquiteturas de memórias homogênea ou heterogênea, no caso de heterogênea com mais do que um tamanho de vetor de memória.

- **Arquiteturas reconfiguráveis** possibilitam a execução de várias tarefas, de forma rápida e eficiente, através do paralelismo espacial e do paralelismo temporal.
- **Arquiteturas reconfiguráveis** são constituídas por um conjunto de elementos ou blocos configuráveis que podem ser implementados em granularidade fina ou grossa.

DISPOSITIVOS RECONFIGURÁVEIS

- Comparados com ASICs, **dispositivos reconfiguráveis** apresentam certas desvantagens, tais como: extensivo consumo de área, baixo desempenho e alto consumo de energia, sendo essas desvantagens compensadas pela reconfigurabilidade do roteamento interno do chip e de sua lógica.
- **Dispositivos reconfiguráveis** possuem como componentes: tecido reconfigurável, memórias, esquema de roteamento e unidades de processamento embarcado, além disso, múltiplos geradores de *clock* são oferecidos para flexibilidade do sistema.
- **Dispositivos reconfiguráveis** são plataformas de natureza escalável, baseados em uma matriz de 2 dimensões de células simples com características simétricas. Apresenta processamento reservado para configuração e uma completa estrutura de interconexão através de comutadores programáveis que permitem que aplicações complexas sejam construídas.
- **Dispositivos reconfiguráveis** oferecem interconexões de baixa velocidade e maior desperdício de energia comparado com ASIC's, isso devido a programação ou reprogramação dos comutadores programáveis de roteamento.
- **Dispositivos reconfiguráveis** possuem a possibilidade de ter sua configuração alterada (estaticamente ou em tempo real), oferecendo maior flexibilidade para modificações e maior facilidade para correções de erros.
- **Dispositivos reconfiguráveis** são circuitos integrados constituídos por um conjunto de unidades lógicas reconfiguráveis, normalmente agrupados sob a forma de uma matriz de duas dimensões e interconectados por um sistema de interconexão também reconfigurável. Os dispositivos reconfiguráveis também possuem alguns blocos dedicados, como, por exemplo, geradores de *clock*, e blocos mais complexos como bancos de memória e multiplicadores. Mais recentemente os dispositivos reconfiguráveis passaram a incluir um ou mais microprocessadores.

- **Dispositivo** de hardware de propósito geral, programável (customizável) estaticamente ou dinamicamente.
- **Dispositivos reconfiguráveis** tem a capacidade de alterar o fluxo de dados dinamicamente, conforme a necessidade do sistema. Supridos por um conjunto de instruções flexíveis que utilizam um arquivo binário para configurar uma nova estrutura.

SISTEMAS RECONFIGURÁVEIS

- **Sistemas reconfiguráveis** oferecem um método alternativo para aplicações em geral, por que combinam a velocidade e consumo de energia do hardware dedicado com a flexibilidade da programação do FPGA. O acesso direto a memória pode ser configurado, reduzindo as dependências em relação ao processador.
- **Sistemas reconfiguráveis** exploram soluções de hardware e software, oferecendo uma plataforma flexível que pode ser modificada em função do tempo.
- **Sistemas reconfiguráveis** oferecem uma plataforma com características de coprocessadores acoplados juntos a CPU, permitindo que partes críticas de software sejam implementadas em hardware.
- **Sistemas reconfiguráveis** são sistemas computacionais que exploram a capacidade de reconfiguração de dispositivos reconfiguráveis de modo a combinar a facilidade de programação dos microprocessadores, com o desempenho dos circuitos dedicados e a flexibilidade dos dispositivos reconfiguráveis.
- **Sistemas reconfiguráveis** possuem uma arquitetura customizada onde dinamicamente suas funções são adaptadas para se ajustar as mudanças necessárias durante o tempo de execução.
- Termo mais abrangente que pode designar qualquer sistema que usa uma arquitetura reconfigurável ou que foi desenvolvido com dispositivos reconfiguráveis.

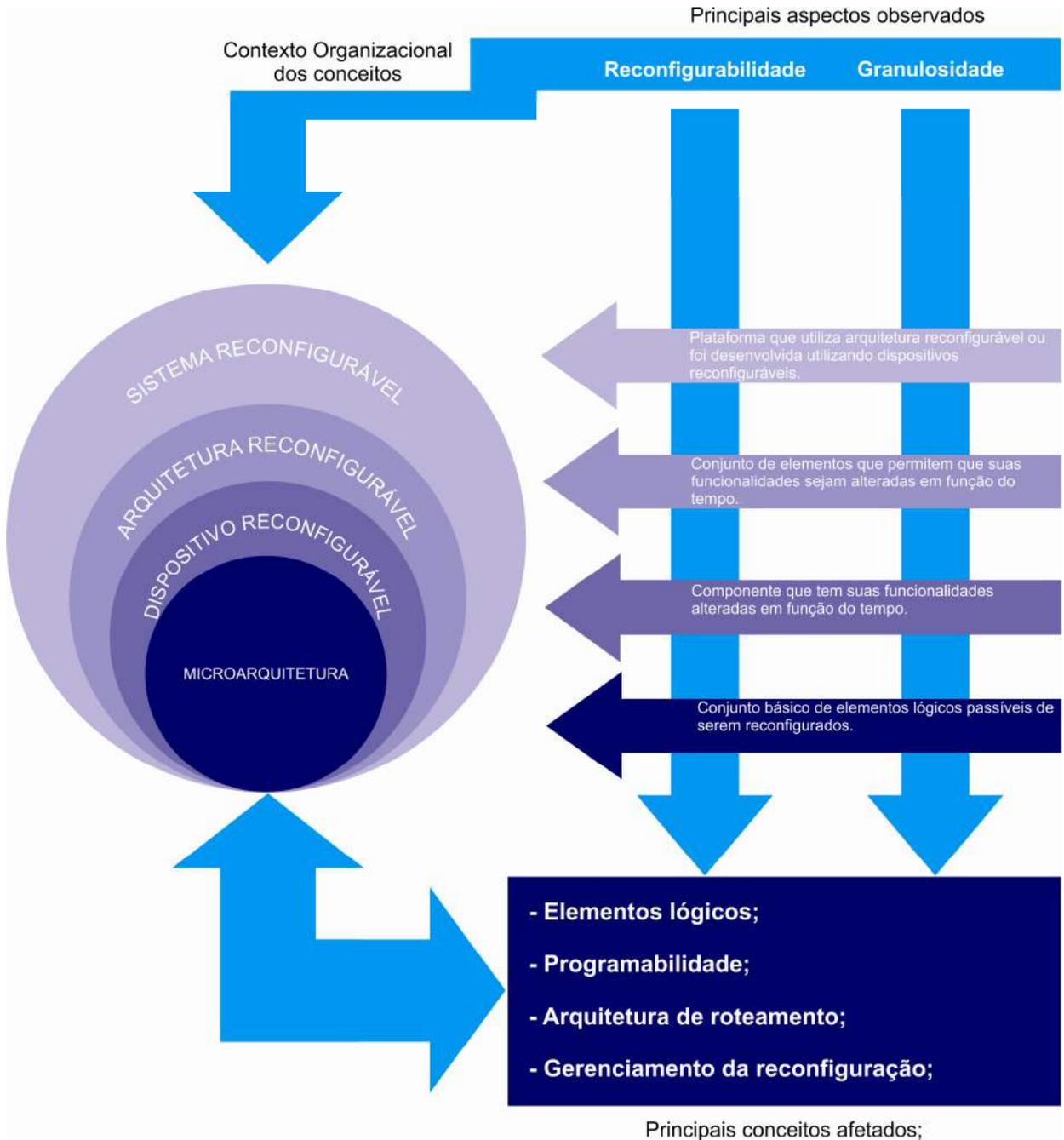


Figura 3 - Organização dos principais conceitos da computação reconfigurável

A figura 3 ilustra visualmente uma tentativa de organização dos principais conceitos que envolvem a computação reconfigurável. Acrescenta-se que dentro da computação reconfigurável o principal aspecto de destaque é a reconfigurabilidade, a presença ou não deste conceito é que determina as características dos sistemas, dispositivos e arquiteturas com relação a reconfiguração. Pode ser observado que o conceito de reconfigurabilidade é aplicado em diversos níveis de abstração, tornando possível exploração do o mesmo sobre diferentes contextos. Outro aspecto que permite que os dispositivos reconfiguráveis explorem ao máximo esse conceito é o aspecto de

granulosidade, que define as funcionalidades dos elementos básicos da arquitetura do dispositivo.

PROGRAMAÇÃO X CONFIGURAÇÃO

Para o entendimento correto dos conceitos apresentados neste arcabouço, inicialmente dá-se ênfase numa discussão sobre o que é programável e o que é configurável dentro do contexto da computação reconfigurável. Estes que ainda tendem a serem utilizados como conceitos similares sem apresentarem certas nuances.

Conforme (Edward, 2005), o termo configuração está relacionado a forma exterior de um objeto, ou conformação, e o processo de configuração é dar forma ao objeto. Pode-se concluir que a configuração está relacionada com estrutura ou a forma de um objeto, imaginando uma arquitetura seria seus aspectos topológicos. Ainda conforme (Edward, 2005), analisando o conceito de programação, pode-se destacar que o programa é um conjunto de instruções a serem executadas por um *hardware* capaz de interpretá-las, e a ação de programar é planejar e construir o programa, podendo-se concluir que a programação está mais relacionada com o comportamento sistêmico do objeto.

Conforme definido pode-se considerar a ação de programar é realizada através de um processo denominado programação, no caso de um microprocessador, o programa é composto por instruções que estão presentes no ISA, que são um conjunto de operações (comportamento) primitivas dos elementos de processamento. Pode-se configurar, através de um processo denominado configuração, no caso de um FPGA, o padrão de configuração é o *BitStream*, arquivo composto por bits de configuração dos blocos lógicos reconfiguráveis e dos elementos de interconexão (Edward, 2005).

Aspectos importantes observados nesta seção,

- Principais definições conceituais que envolvem os principais termos da computação reconfigurável (Sistemas reconfiguráveis, Arquiteturas reconfiguráveis e Dispositivos reconfiguráveis).
- Ilustração de uma tentativa de organização hierárquica entre esses conceitos, identificando quais os principais aspectos influenciados e afetados.
- Discussão sobre programação e configuração dentro da computação reconfigurável;

MAPA CONCEITUAL PARA COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

O mapa conceitual apresentado na figura 4 ilustra visualmente os principais conceitos que definem o termo computação reconfigurável. O mapa conceitual foi construído através de uma análise quantitativa e qualitativa em trabalhos publicados dentro do campo da computação reconfigurável e os resultados submetidos a um consenso através da opinião de especialistas na área.

Os conceitos descritos apresentam uma forte ligação com o termo computação reconfigurável e são os mais expressivos em termos de fundamentação teórica para o campo de estudo.

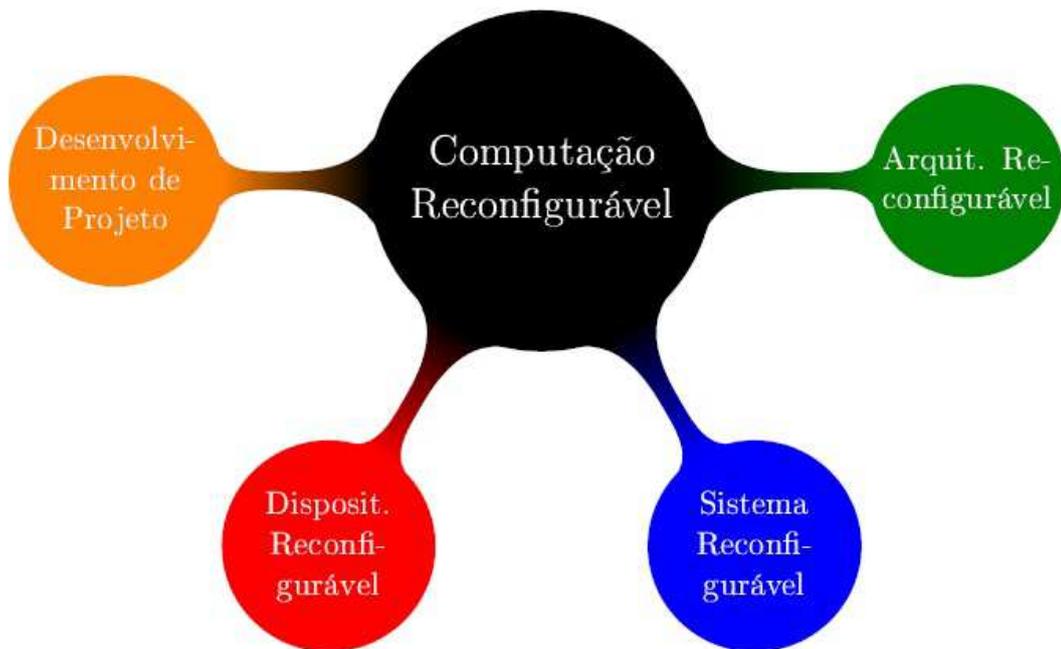


Figura 4 - Mapa Conceitual Computação Reconfigurável

Nas seções subsequentes é apresentado um detalhamento dos principais componentes e propriedades desses conceitos, descrevendo a forma como os mesmos se relacionam.

ARQUITETURAS RECONFIGURÁVEIS

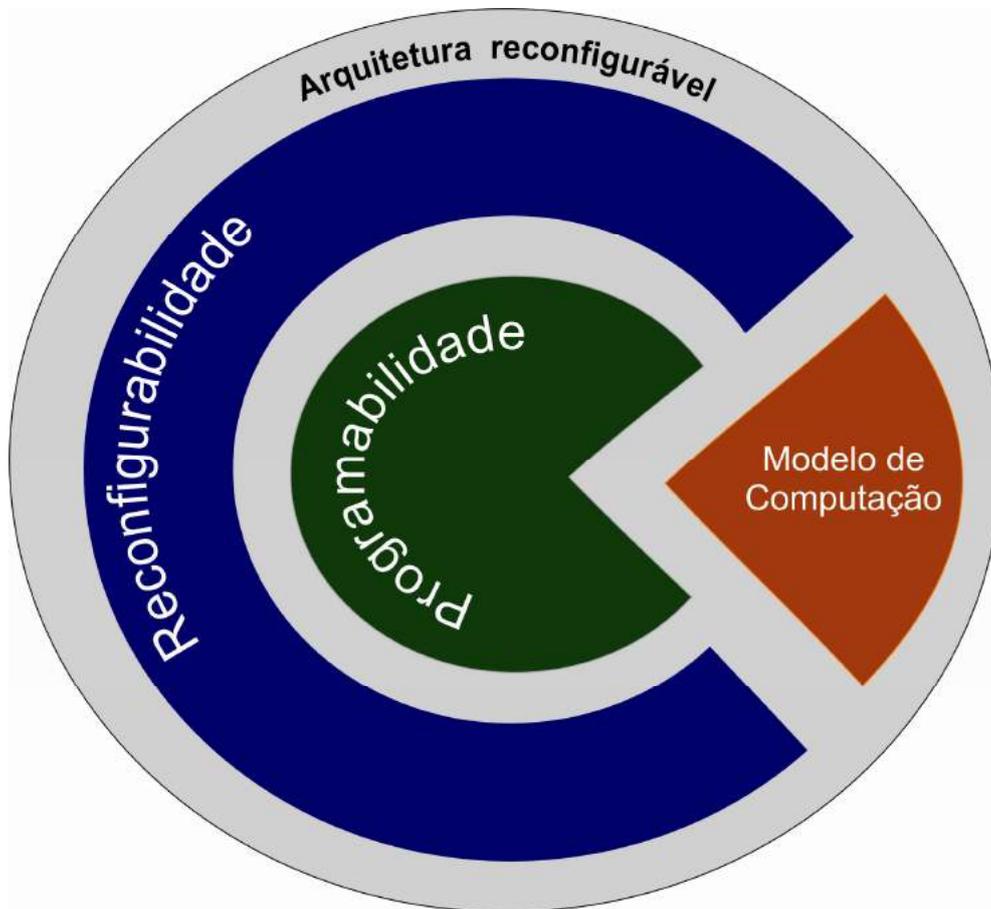


Figura 5 - Conceito de arquitetura reconfigurável

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Arquitetura Reconfigurável	Programabilidade	Múltipla; Única;	
		Reconfigurabilidade	Dinâmica	Parcial; Total;
			Estática	
		Modelo de Computação	Monoprocessador; SPMD; SIMD; MIMD; FSMD; VLIW;	

Figura 6 - Componentes, Propriedades e atributos

Com relação aos componentes do conceito de arquitetura reconfigurável pode-se destacar,

1. Programabilidade: O software é responsável por toda a adaptabilidade necessária para mapear em hardware um conjunto de instruções, as quais representem quaisquer funcionalidades não suportadas diretamente pelo hardware. Neste modelo, a facilidade de programação apresentada pelo hardware, ou programabilidade, é um requisito funcional. Essa programabilidade pode englobar um conjunto fixo de instruções, a possibilidade de definição de pesos e parâmetros arquiteturais, a capacidade de estabelecer prioridades de execução e permite também o uso de microprogramação (Otero, 2006).

2. Reconfigurabilidade: O conceito de configuração / reconfiguração aplicados em níveis arquiteturais, estão relacionados com capacidade de as arquiteturas poderem adaptar o conjunto de recursos reconfiguráveis disponíveis (número de bits de reconfiguração que são necessários para definir o estado da arquitetura) por demanda durante o tempo de execução. A reconfiguração está relacionada com o número de vezes que é realizado o processo de configuração. A reconfiguração ainda pode ser dinâmica, sem a necessidade de que o sistema pare de operar, podendo ser realizado de forma parcial ou total e ainda a reconfiguração pode ser feita de forma estática, onde necessita que a computação já tenha sido completamente processada para realizar a reconfiguração.

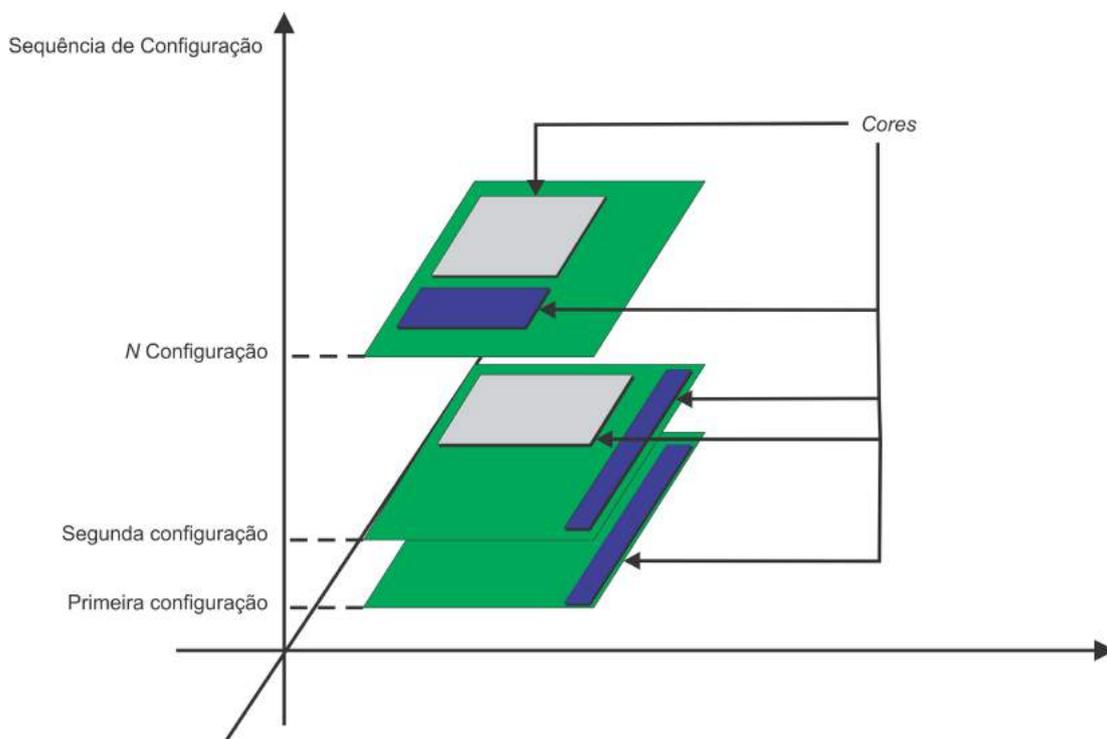


Figura 7 - Ilustração visual de reconfiguração dinâmica parcial

3. Modelo de Computação: Os modelos de computação conforme (Hauck e Dehon, 2010), são uma série de estratégias onde o principal objetivo é explorar o máximo das características das plataforma reconfiguráveis. Dentre os principais modelos de computação podem-se citar os modelos que favorecem a computação paralela, permitindo que conjuntos de operações operem independentemente (SIMD, MIMD), modelos baseados em controle sequencial, permitindo que organizar a sincronização e controle das operações paralelas (FSMD, VLIW) e modelos baseados em monoprocessadores e multiprocessadores.

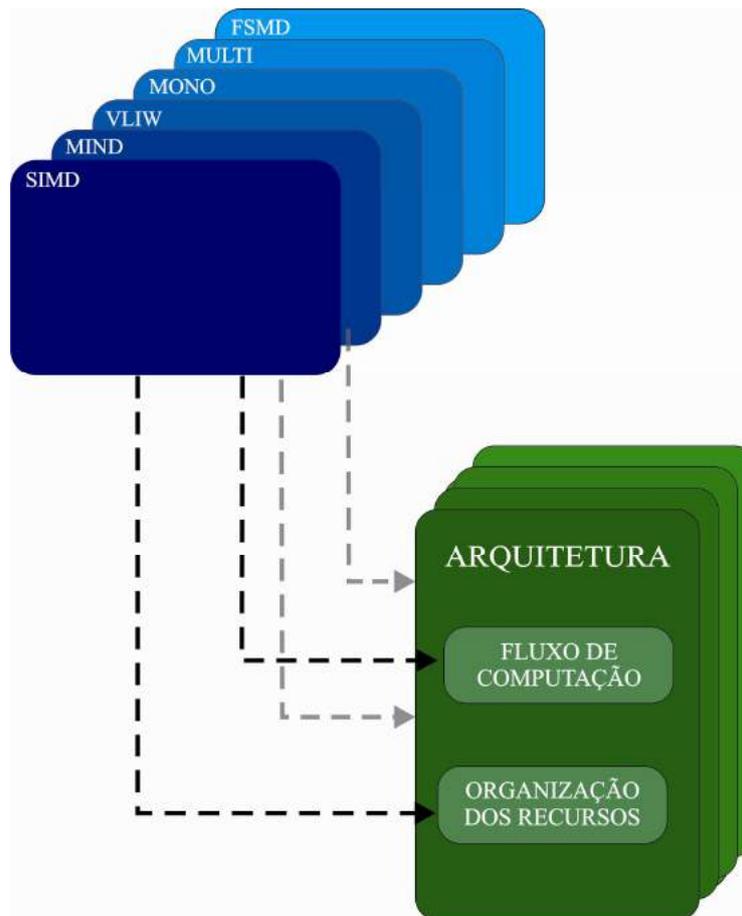


Figura 8 - Modelos de computação

A figura 8 ilustra visualmente a relação entre os conceitos: modelo de computação e arquitetura reconfigurável, do ponto de vista comportamental e a figura 9 descreve sistemicamente cada um desses modelos.

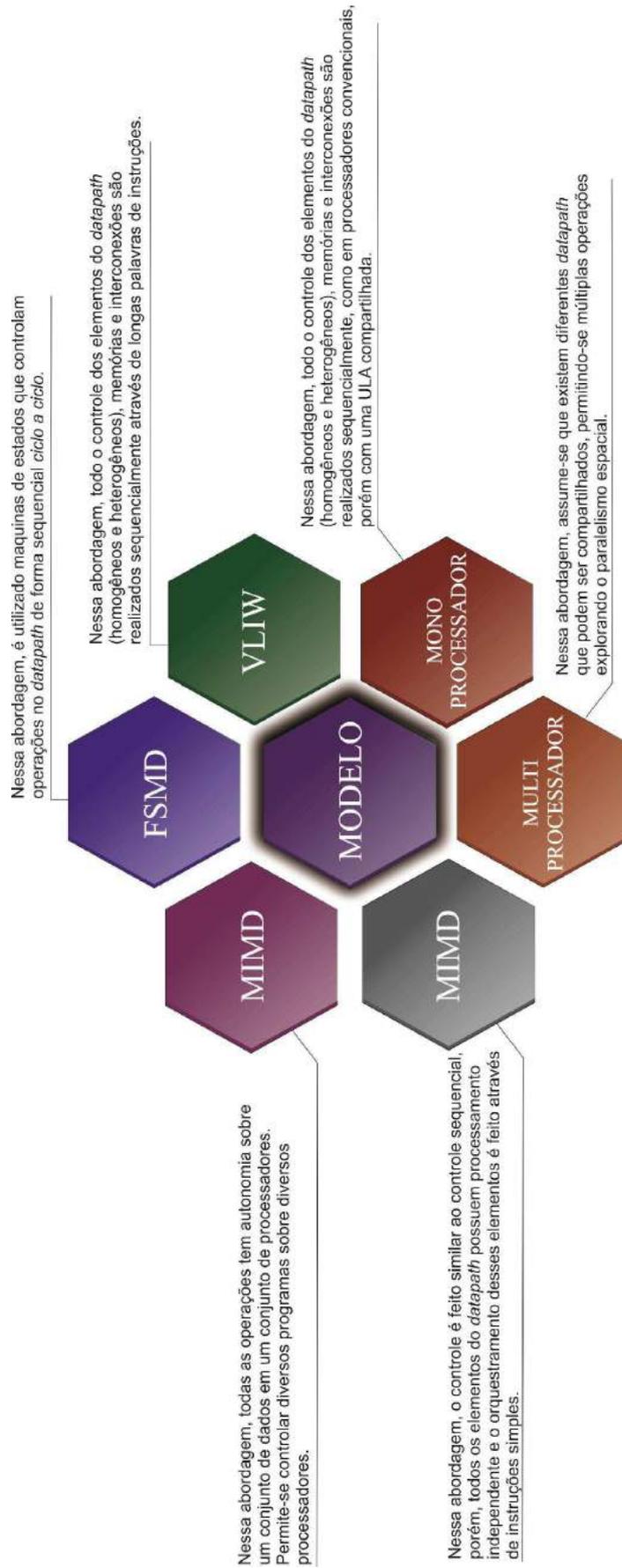


Figura 9 - Arquiteturas reconfiguráveis - modelos de computação

SISTEMAS RECONFIGURÁVEIS



Figura 10 – Componentes Sistema reconfigurável

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Sistema reconfigurável	Característica do Sistema	Integração	Fracamente acoplado; Fortemente acoplado; Autônomos;
			Tipo	Processador; Sistemas híbridos; Supercomputadores; Coprocessadores; Modelos Virtuais;

Figura 11 - Propriedades, componentes e atributos

Com relação aos componentes que definem o conceito de sistemas reconfiguráveis, podem-se citar os níveis de integração e a classificação ou tipo do sistema. De acordo com (Rose *et. al*, 2008), a lógica reconfigurável pode ser integrada de diversas formas a outros dispositivos.

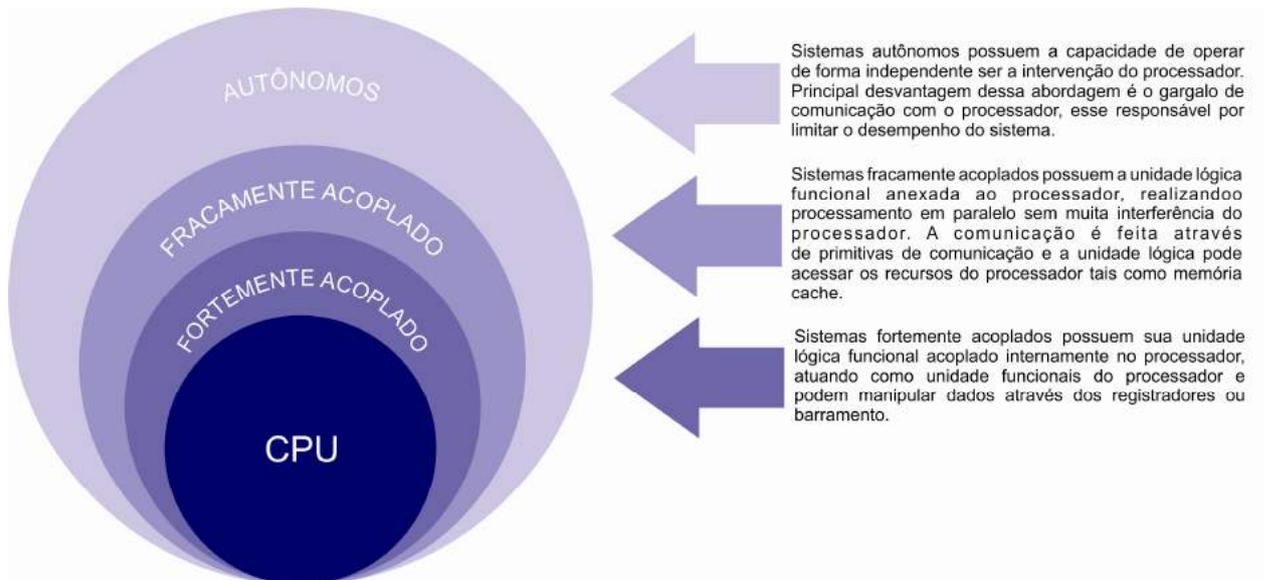


Figura 12 - Níveis de integração

- Cada uma dessas abordagens possui vantagens e desvantagens do ponto de vista computacional. Os estilos de menor intensidade de acoplamento (mais longe do processador) permitem maior grau paralelismo na execução de programas, porém sofrem com a sobrecarga de comunicação. Estilos com maior intensidade de acoplamento podem executar tarefas sem a intervenção do microprocessador, porém a área destinada a lógica reconfigurável é bastante limitada (Rose *et. al*, 2008).
- A evolução dos sistemas reconfiguráveis foi motivada por diversos problemas, tais como, tempo de reconfiguração da arquitetura, *overhead* de comunicação entre os elementos do sistema, níveis de acoplamento da lógica reconfigurável, entre outros. A figura 13 é uma ilustração visual dessa evolução apresentando desafios e as motivações para o desenvolvimento de novos sistemas reconfiguráveis. .

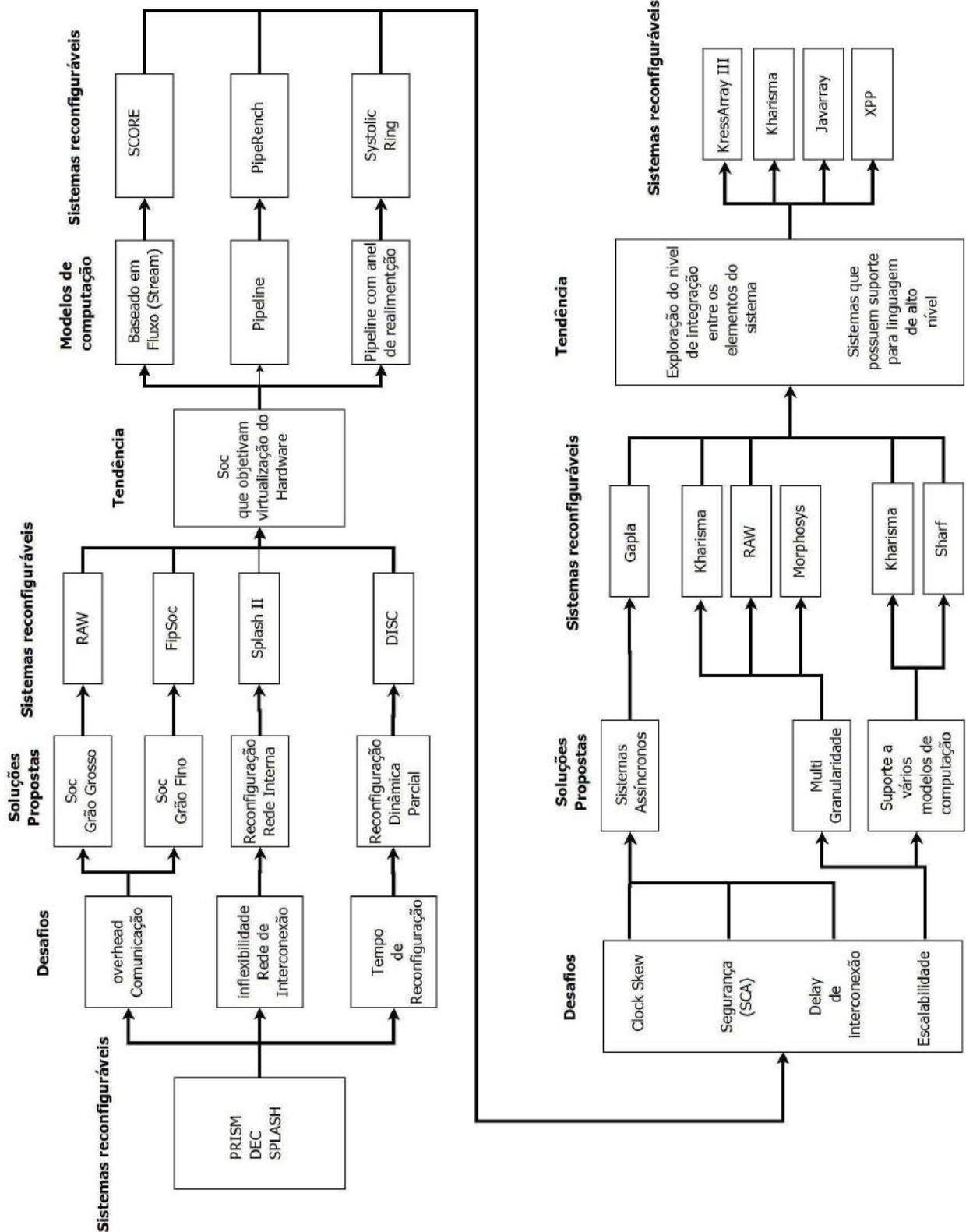


Figura 13 - Evolução dos Sistemas reconfiguráveis

DISPOSITIVO RECONFIGURÁVEL

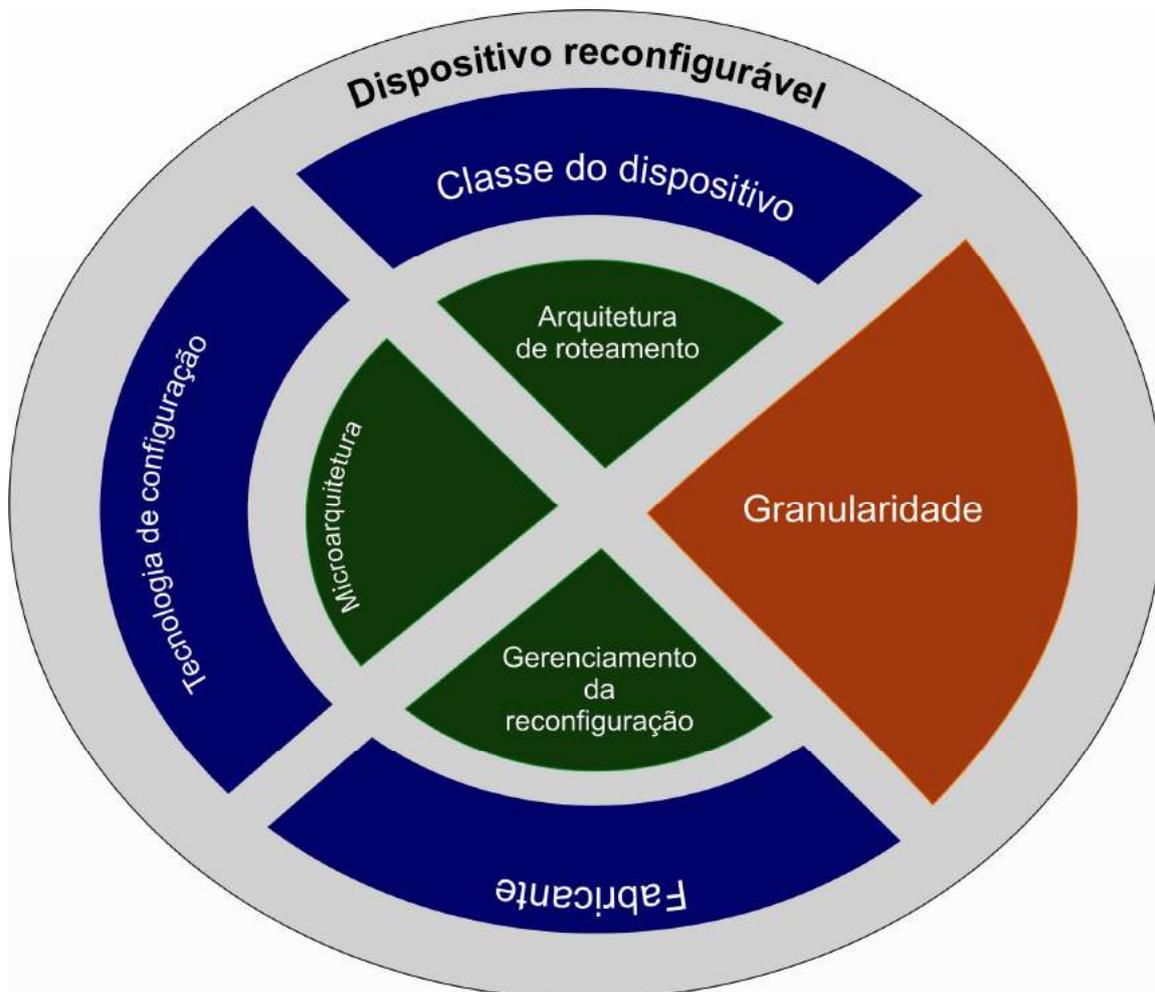


Figura 14 - Componentes dispositivo reconfigurável

Dispositivos reconfiguráveis em mais amplo senso, são considerados como elementos (componentes) que possuem a habilidade de realizar computação espacial e a capacidade de ter suas funcionalidades alteradas em função do tempo.

Dentre os principais componentes e propriedades que definem e ditam a consistência do conceito, observa-se aspectos de granularidade, que possuem direta relação com os elementos lógicos reconfiguráveis que compõem a microarquitetura do dispositivo e a tecnologia de configuração dos dispositivos reconfiguráveis.

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Dispositivo Reconfigurável	Classe do Dispositivo Programável	PLA; PAL; CPLD's; MPGA's; FPGA's;	
		Micro Arquitetura	Elementos Lógicos	LUT's Flip-Flop's ALU's
			Elementos Lógicos Estendidos	Multiplicadores; DSP's; Somadores; Memórias;
		Gerenciamento da Reconfiguração	Arquitetura de Configuração	Contexto Único
				Reconfiguração Parcial
			Controle de Reconfiguração	Pipeline
				Multi Contexto
		Redução de tempo de reconfiguração	Cache	
			Agrupamento	
			Escalonamento	
Granularidade	Grão Fino; Grão Grosso;	Compressão		
		Reutilização		
Fabricante	Altera; Xilinx; Actel; Atmel;	Elementos Lógicos e Estendidos;		
Arquitetura de Roteamento	Pipeline	Unidirecional		
		Barramento		
		Ilha		
Tecnologia de configuração	Volátil	SRAM		
	Não Volátil	Anti-Fuse; Flash/EEPROM;		

Figura 15 - Principais conceitos, componentes propriedades e atributos.

Os conceitos e componentes que definem o termo dispositivo reconfiguravel são basicamente divididos em aspectos organizacionais e aspectos de grande importância prática.

Aspectos organizacionais são responsáveis por definir as estratégias utilizadas para implementação, configuração, reconfiguração e roteamento nos dispositivos reconfiguráveis, normalmente realizadas a nível de software. Aspectos de grande importância prática são responsáveis por definir a topologia e as funcionalidades dos elementos lógicos que compõem o dispositivo, no caso dos dispositivos reconfiguráveis elementos passíveis de terem suas funcionalidade alteradas conforme a demanda da aplicação.

A abordagem apresentada na figura 16 identifica cada componente do conceito dispositivo reconfigurável organizados sob camadas, onde é possível identificar o nível de abstração de acordo com a atuação do conceito. Tecnologias de configuração possuem seu domínio sobre os elementos de roteamento do dispositivo reconfigurável

(chaves programáveis e blocos programáveis) e se localizam no nível mais baixo de abstração (próximos ao hardware) e em seu nível mais alto, se localizam os aspectos de gerenciamento da reconfiguração do dispositivo (arquitetura e controle de reconfiguração).

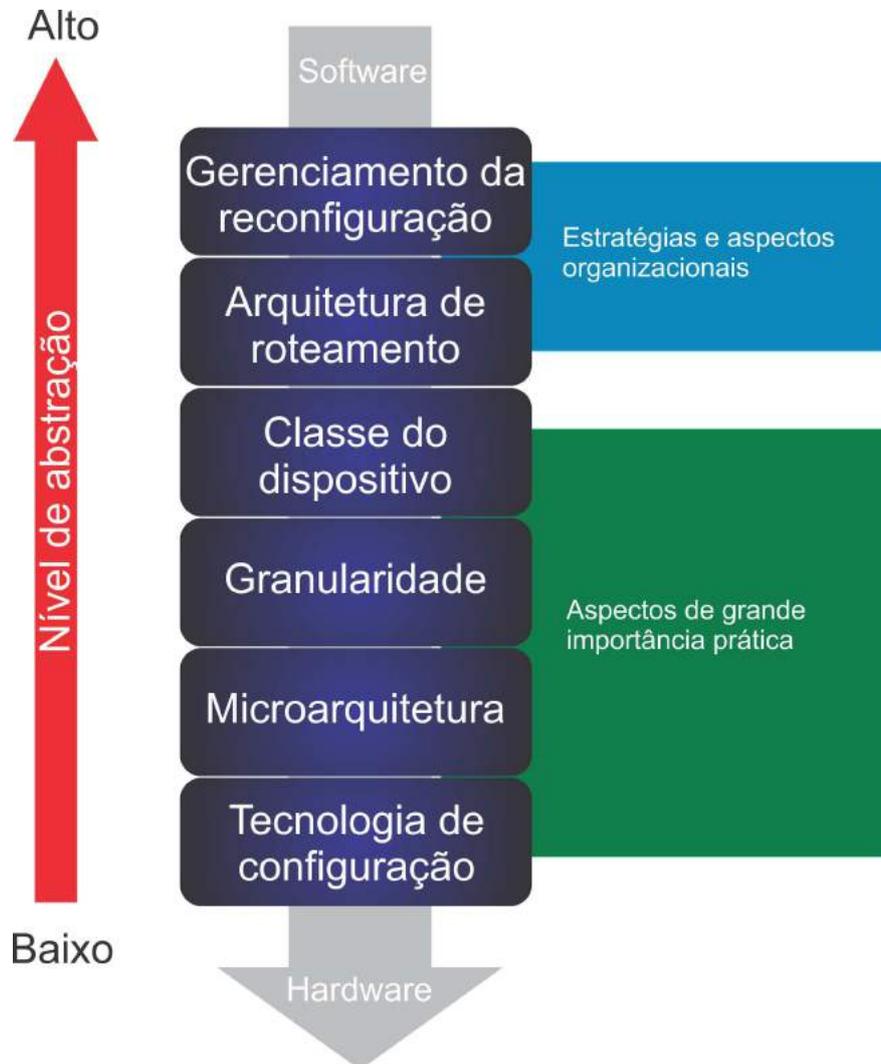


Figura 16 - Nível de abstração dos elementos do conceito

Os conceitos e componentes que definem o termo dispositivo reconfigurável são basicamente divididos em aspectos organizacionais e aspectos de grande importância prática.

Aspectos organizacionais são responsáveis por definir as estratégias utilizadas para implementação, configuração, reconfiguração e roteamento nos dispositivos reconfiguráveis, normalmente realizadas a nível software. Aspectos de grande importância prática são responsáveis por definir a topologia e as funcionalidades dos elementos lógicos que compõem o dispositivo, no caso dos dispositivos

reconfiguráveis elementos passíveis de ter suas funcionalidade alteradas conforme a demanda da aplicação.

A abordagem apresentada na figura 16 identifica cada componente do conceito dispositivo reconfigurável sob a visão de camadas, onde é possível identificar o nível de abstração com relação a atuação do conceito. Tecnologia de configuração possui sua atuação sobre os elementos de roteamento do dispositivo reconfigurável (chaves programáveis e blocos programáveis) e em seu nível mais alto o gerenciamento da reconfiguração do dispositivo (arquitetura e controle de reconfiguração).

Os conceitos presentes no mais altos nível de abstração, tendem a ter grande parte de sua atuação gerenciadas por software, em contra partida conceitos presentes em um nível mais baixo de abstração tendem a ter sua atuação diretamente sobre o hardware.

O conceito de reconfigurabilidade dentro de dispositivos reconfiguráveis está relacionado diretamente com a capacidade do dispositivo em alterar sua funcionalidade em função do tempo, porém essas características são determinadas por um processo sobre uma camada de software, no caso específico de FPGA's, a configuração é feita através do *bitstream*.

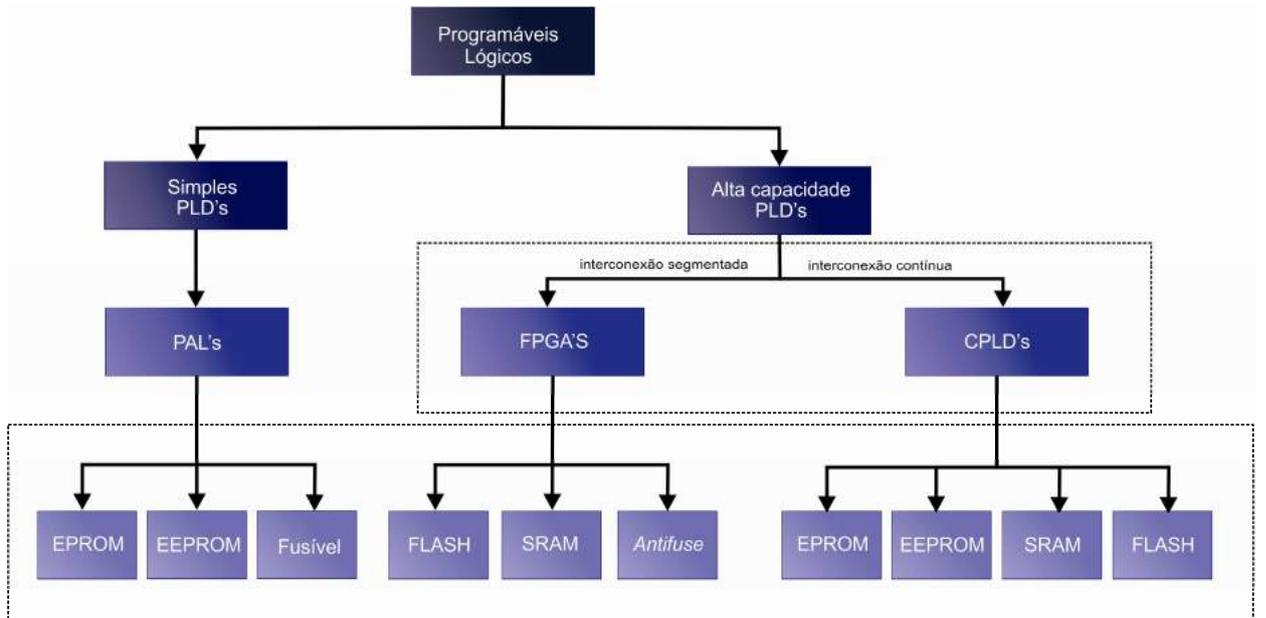
Abordando aspectos de mais baixo nível de abstração, pode-ser observar uma hierarquia organizacional com relação a seus elementos. A tecnologia utilizada para configuração das chaves programáveis (tecnologia de configuração) dos dispositivos reconfiguráveis apresentam características e particularidades que afetam diretamente o desempenho do dispositivo e a capacidade de reprogramação do mesmo.

Basicamente as tecnologias de configuração se dividem em voláteis e não voláteis, a figura 17 apresenta algumas tecnologia a luz dos critérios de volatilidade, área consumida de circuito e reconfigurabilidade.

Tecnologia	Volatilidade	Área	Reconfigurabilidade
Sram	Sim	Grande (6 transistores CMOS)	Sim
Anti-Fuse	Não	Baixa (0 transistor)	Não
Flash	Não	Moderada (1 transistor CMOS)	Sim

Figura 17 - Tecnologia de programação

Analisando historicamente, os dispositivos lógicos programáveis (PLDs) foram às plataformas responsáveis por oferecerem a possibilidade da implementação da lógica programável em circuitos eletrônicos. Dispositivos baseados em PLA's e PAL's permitem aplicação para uma grande variedade de circuitos lógicos, contudo, são viáveis somente para aplicações relativamente pequenas, que não demande muito espaço físico para o desenvolvimento de aplicações. A utilização dos dispositivos baseados em FPGA foi motivada pelo suporte a implementação de circuitos lógicos relativamente grandes, analisando do ponto de vista de espaço físico, os FPGA'a possuem uma grande vantagem sobre as outras abordagens. Com relação a tecnologia de configuração dos dispositivos a figura 18 ilustra visualmente as tecnologias de configurações de dispositivos utilizadas com relação a classe de dispositivos programáveis e configuráveis.



Tecnologia de programação dos elementos lógicos

Figura 18 - Evolução dos dispositivos programáveis

GRANULARIDADE

Conforme (Caio Augusto, 2011) a granularidade é uma característica dos dispositivos reconfiguráveis relacionada diretamente com os elementos lógicos básicos da micro arquitetura. Por definição o grão refere-se a menor unidade configurável dos dispositivos reconfiguráveis.

O conceito de granularidade tem impacto direto com relação aos recursos de roteamento (número de segmentos utilizados para interligar as chaves programáveis) e a capacidade de funcionalidade dos blocos lógicos. Dispositivos de grão grosso possuem como grão unidades lógicas reconfiguráveis (N entradas) e aritméticas (ULA's), juntamente com microprocessadores, possibilitando uma maior exploração das funcionalidade e possibilidades de configuração desses elementos. Ao contrário, componentes de grão fino tendem a possuir elementos lógicos mais básicos com características limitadas (LUT's com 2 entradas), necessitando da utilização de uma grande quantidade elementos lógicos para construção do circuito lógico, impactando em uma maior utilização dos recursos de roteamento.

Atualmente grandes partes dos dispositivos reconfiguráveis possuem aspectos de grão grosso e grão fino, mesclando suas características. Existe uma forte tendência por parte dos fabricantes a construir dispositivos cada vez mais mistos com relação a granularidade, porém é notável a utilização de dispositivos de grão grosso para implementação de soluções complexas ou que exigem alto desempenho.

A figura 19 ilustra visualmente os principais aspectos afetados de acordo com a granularidade do dispositivo reconfigurável.



Figura 19 - Granularidade dos dispositivos reconfiguráveis

GERENCIAMENTO DA RECONFIGURAÇÃO

Apesar do gerenciamento da reconfiguração ter efeito direto sobre o dispositivo reconfigurável, todo seu gerenciamento é realizado através de primitivas de software, no caso do FPGA, o *BitStream* é responsável por carregar os dados de reconfiguração do dispositivos, esse arquivo gerado através de um processo em software.

A reconfiguração pode ser realizada de forma estática ou dinâmica, onde existe ou não a parada da execução do sistema para a troca de contexto. Refletindo sobre o conceito de reconfiguração dinâmica, o contexto e reconfigurado sem que exista a parada do sistema e de alguma forma ele necessita ser armazenado em uma área física, dentro deste contexto,

- **Arquitetura de configuração:** Trata-se de um circuito físico subjacente ao circuito configurado responsável por carregar os dados de configuração e armazenamento para reconfiguração, podendo ser realizado através dos modelos de contexto único, multi-contexto, pipeline e parcial.
- **Controle de reconfiguração:** Trata-se da efetiva troca de contexto (reconfiguração) da lógica implementada. O processo é controlado por hardware ou software ou até ambos, utilizam-se técnicas de agrupamento, cache e escalonamento para reduzir o *overhead* gerado pelo processo de reconfiguração.

- **Redução de tempo de reconfiguração:** Métodos como reutilização de contexto e compressão dos bits de configuração (reduzindo o tráfego) são métricas utilizadas para minimizar o *overhead* gerado pelo processo de reconfiguração.

Com relação as arquiteturas de roteamento, a figura ilustra os principais aspectos dos principais modelos observados nos trabalhos publicados dentro da computação reconfigurável.



Figura 20 - Modelos de arquiteturas de configuração

DESENVOLVIMENTO E PROJETO DE APLICAÇÕES EM SISTEMAS RECONFIGURÁVEIS

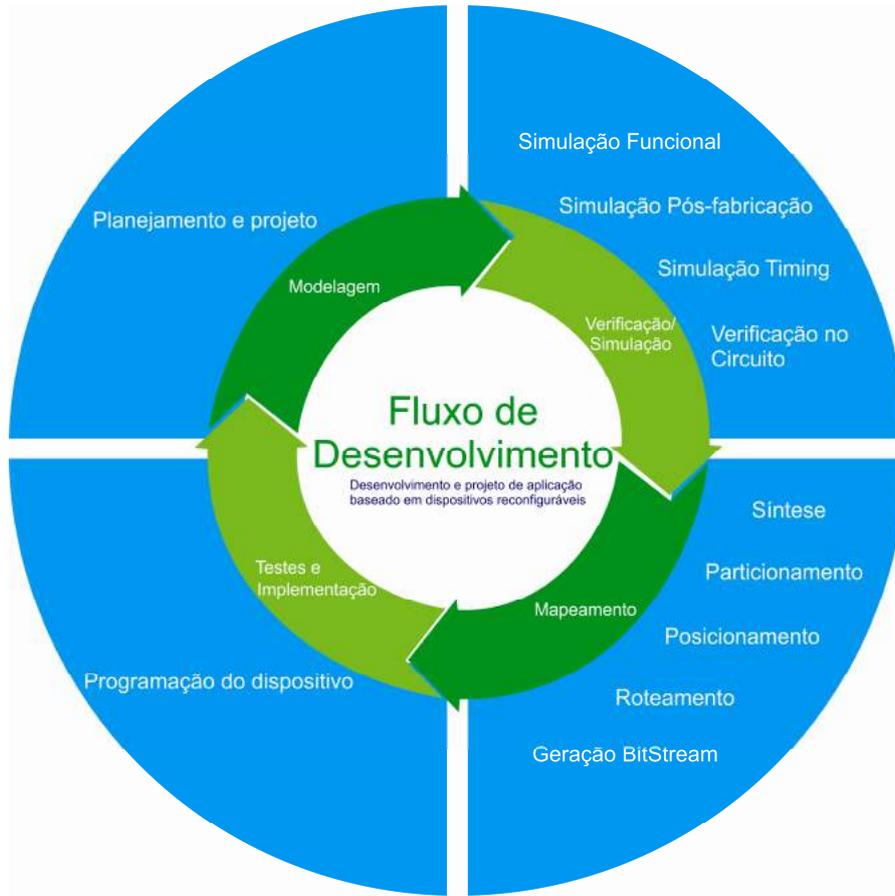


Figura 21 - Fluxo de desenvolvimento de projetos

Tema	Conceitos	Componentes (Conceitos)	Propriedades	Atributos
Computação Reconfigurável	Desenvolvimento e projeto de aplicações em Sistemas Reconfiguráveis	Fluxo de desenvolvimento	Modelagem; Verificação / Simulação; Mapeamento; Implementação e testes;	Planejamento e projeto; Simulação Funcional; Simulação Pós-Mapeamento; Simulação de Timing; Verificação no Circuito; Síntese; Particionamento; Posicionamento; Roteamento; Geração do programa; Programação;
		Modelo de Programação	Esquemático	
			Linguagem de Descrição	VHDL; Verilog; JHDL;
			Linguagem de Alto Nível	Linguagem C;
Ferramentas de Desenvolvimento	Altera	Quartus		
	Xilinx	Project Manager		
	DK Design	Celoca		

Figura 22 - Componentes, propriedades e atributos

FLUXO DE DESENVOLVIMENTO

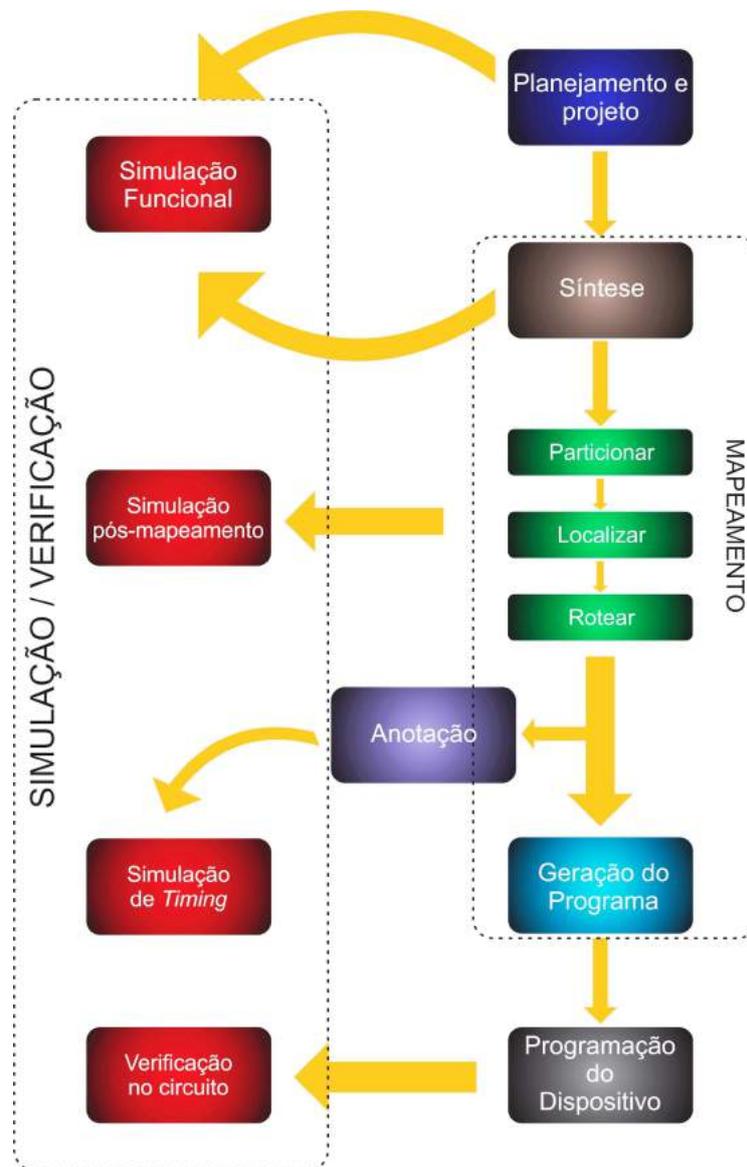


Figura 23 - Fluxo de Desenvolvimento

O fluxo de desenvolvimento de projetos basicamente se divide em quatro partes, modelagem, simulação / verificação, mapeamento e implementação / testes.

- **Planejamento e projeto** – A especificação do projeto é apresentada em termos abstratos ou na utilização de métodos formais, seguida pela análise da viabilidade da implementação por meio de simulação de alto nível. As ferramentas que incorporam diagrama de esquemáticos ou editores gráficos permitem que o projeto seja especificado o circuito como um diagrama lógico, conectando componentes lógicos com recursos de roteamento. As linguagens de descrição de hardware, conhecidas como HDLs, são utilizadas para auxiliar os projetistas a documentar projetos e simular grandes sistemas, principalmente em projetos de dispositivos reconfiguráveis. Atualmente conta-

se também com compiladores que permitem o usuário desenvolver toda a descrição do hardware utilizando linguagem de alto nível como linguagem C.

- **Síntese**– um processo que se inicia de um alto nível de abstração lógica (Verilog ou VHDL) e automaticamente cria um nível menor de abstração usando uma biblioteca de primitivas. A síntese consiste em duas fases distintas: otimização da lógica para minimizar as equações booleanas e mapeamento da tecnologia para converter equações em primitivas da biblioteca do dispositivo alvo. Como a lógica inicial não está otimizada, algoritmos de síntese são utilizados para simplificar as equações booleanas geradas. A síntese permite, na prática, a redução de área a ser ocupada no circuito integrado, como também reduz o atraso da propagação (*delay*) dos sinais envolvidos (Caio Augusto, 2011).
- **Mapeamento** – O particionamento, posicionamento e o roteamento são processos mutuamente dependentes. A localização (posicionamento) é a atribuição de componentes particulares do circuito integrado aos componentes lógicos de projeto. O roteamento é a atribuição de trilhas e elementos programáveis, consumindo os recursos disponíveis de interconexão para a comunicação entre os componentes (Caio Augusto, 2011). O software de roteamento é responsável por alocar os recursos de roteamento do FPGA para interconectar as células posicionadas.
- **Geração do programa fonte** – Um arquivo de configuração (BitStream) é gerado para configurar o dispositivo;
- **Programação do dispositivo** – faz a carga do arquivo de configuração para o dispositivo alvo. Os dispositivos podem ser programados de diversos modos. Os mais utilizados são via interface JTAG.
- **Simulação/Verificação** – Técnicas de simulação e verificação usada para avaliar as funcionalidades desenvolvidas. A simulação é o tipo mais comum de verificação utilizada em projetos com dispositivos reconfiguráveis. Ela é realizada em fase inicial para realizar verificação funcional, podendo ser realizada em nível comportamental ou em nível de portas lógicas. Como ferramenta para essa análise pode citar, **ModelSim** da Mentor Graphics, **Synopsys** desenvolvido pela empresa Synopsys.

FERRAMENTA DE DESENVOLVIMENTO

Software para projetos de circuitos integrados, mais conhecidos como (EDA) são uma categoria de ferramentas de software para projetar sistemas eletrônicos, tais como circuitos integrados. Através do ambiente provido pelo software é possível simular, testar e programar dispositivos reconfiguráveis.

Conforme (Caio Augusto, 2011) a entrada de dados para o desenvolvimento de aplicações consiste em fornecer ao programa a especificação do projeto (Etapa **entidade de design** da figura 12). Essa entrada pode ser realizada das seguintes formas:

- **Editor Gráfico:** Um diagrama lógico, desenvolvido a partir de elementos primitivos, portas lógicas básicas e outros componentes disponíveis em bibliotecas, que podem ser inseridos e interligados para criar o projeto.
- **Editor de Texto:** Uma descrição abstrata do circuito lógico, utilizando se comandos de uma linguagem estruturada de descrição de hardware como JHDL, VHDL ou Verilog, que descrevem o comportamento ou o funcionamento do circuito lógico.
- **Editor de Símbolo Gráfico:** Nesse caso, os elementos do diagrama lógico são símbolos gráficos criados pelo usuário ou macro instruções gráficas existentes nas bibliotecas do software, que implementam alguma função lógica.
- **Editor de forma de onda:** Nesse caso, os dados de entrada são formas de onda que implementam alguma função desejada. A partir das formas de onda de entrada e saída o programa implementa a função lógica.

Com relação as ferramentas de suporte ao desenvolvimento de aplicações baseada em dispositivos reconfiguráveis pode-se citar as seguintes,

- **Quartus (fabricante Altera);**
- **Project Manager (fabricante Xilinx);**
- **Celoca – (fabricante DK Design);**

CONSIDERAÇÕES CONCEITUAIS

Com relação aos conceitos discutidos neste arcabouço (Sistemas - Arquiteturas – Dispositivos reconfiguráveis). Conclui-se que o conceito de reconfigurabilidade é o principal quesito para um sistema, arquitetura ou dispositivo sem considerado como reconfigurável. Diante disso, podemos concluir que um dispositivo reconfigurável é uma arquitetura reconfigurável, um microprocessador é uma arquitetura reconfigurável (Através da reconfiguração da ULA a cada instrução), um MpSoc é uma arquitetura reconfigurável e que o conceito de arquitetura é aplicado em diversos níveis de abstração, por exemplo, a microarquitetura de um dispositivo reconfigurável é uma arquitetura reconfigurável, sistemas que utilizam de dispositivos reconfiguráveis integrados com microprocessadores são um arquitetura reconfigurável. Diante deste contexto, afirmamos que existem arquiteturas puramente reconfiguráveis, as quais são compostas somente por elementos internos reconfiguráveis e arquiteturas mistas, que apresentam integração com a lógica reconfigurável e que o que permite explorar a reconfigurabilidade da plataforma é o conceito de granularidade, como por exemplo, um processador é um dispositivo reconfigurável pois sua ULA utiliza de reconfiguração e um FPGA utiliza aspectos de reconfigurabilidade praticamente em todos os elementos internos lógicos, assim a baixa granularidade do FPGA em comparação com um processador é o que permite o mesmo, explorar o conceito de reconfigurabilidade em níveis mais altos.

Com relação a sistemas reconfiguráveis, diante das conclusões com relação a arquiteturas reconfiguráveis, podemos afirmar que uma arquitetura reconfigurável mista, possui seu desempenho limitado pela velocidade de comunicação entre dispositivo reconfigurável - memória - CPU (não necessariamente somente esses elementos). Mesmo apesar desta desvantagem, pode ser observado uma grande tendência na utilização deste tipo de sistemas, fabricantes como Altera e Xilinx utilizam processadores ARM (modelo RISC) juntamente com dispositivos reconfiguráveis (FPGA) para processamento intensivo.

Com relação a dispositivos reconfiguráveis, diante da análise feita nas respostas do arcabouço conceitual, está ficando cada vez mais complicado definir o que é reconfigurável e que não é reconfigurável, um microprocessador que reconfigura sua ULA a cada instrução tem características de reconfigurabilidade, o que diferencia um microprocessador de um dispositivo reconfigurável como FPGA é a baixa granularidade, que permite que o dispositivo explore níveis de reconfigurabilidade mais intensos.

Com relação ao conceito de reconfigurabilidade, podemos concluir que está cada vez mais difícil estabelecer uma fronteira entre o hardware e software. O que define a funcionalidade do hardware é o software, no caso de microprocessadores, o mesmo possui um código binário para configurar a ULA a cada instrução, no caso dos dispositivos reconfiguráveis baseados em FPGA o que define a funcionalidade do hardware é o arquivo de configuração (BitStream).

3. DOMÍNIOS DE APLICAÇÕES DA COMPUTAÇÃO RECONFIGURÁVEL

A Computação reconfigurável atua em diversas áreas do conhecimento, sistemas, dispositivos e arquiteturas são aplicados e utilizados para construção de soluções computacionais para resolução de problemas complexos ou até mesmo integração com sistemas já atuantes.

A figura abaixo ilustra visualmente os principais bem como o campo de utilização e a justificativa para aplicação.

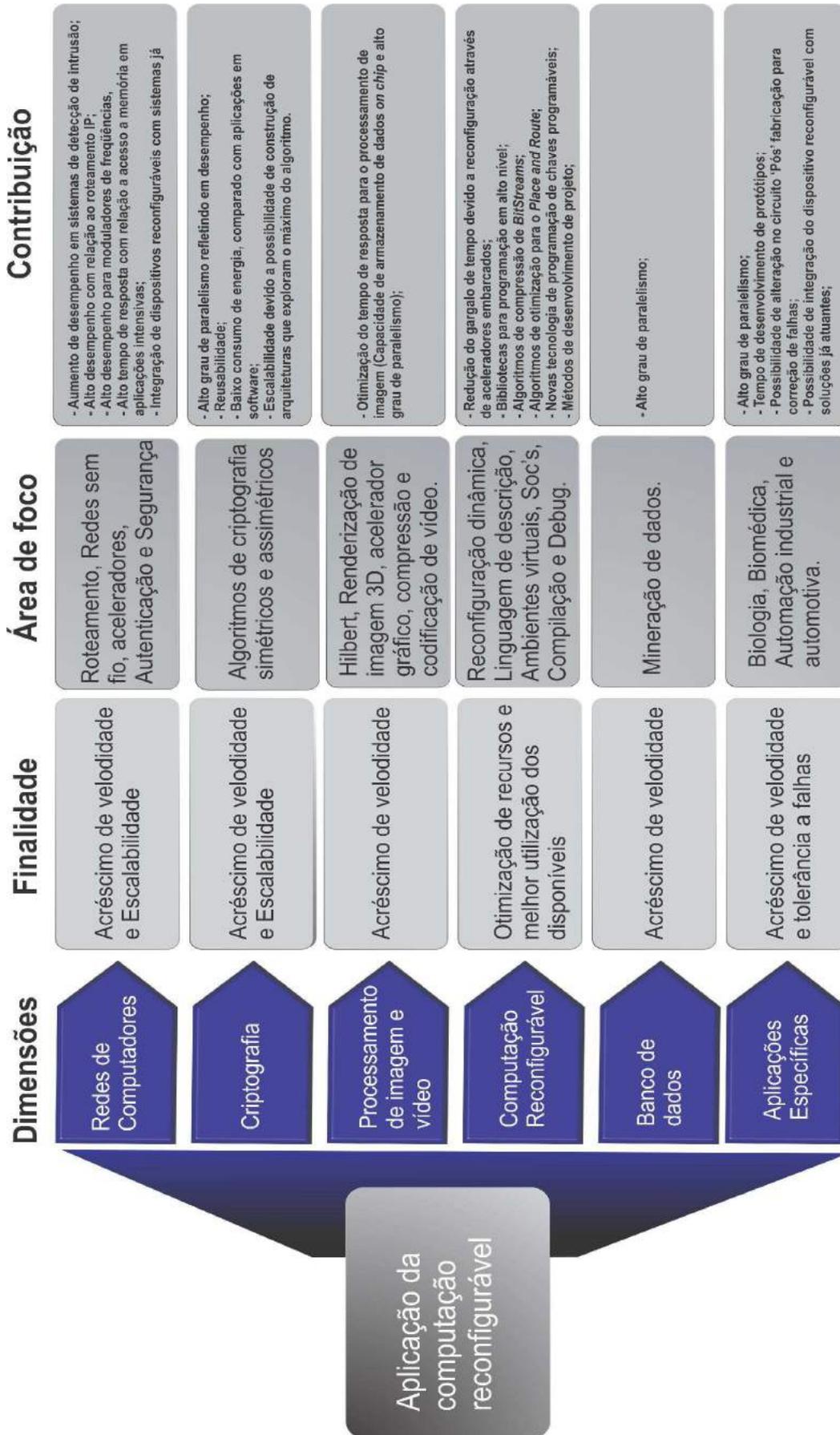


Figura 24 - Domínio de aplicação

4. PRINCIPAIS TRABALHOS UTILIZADOS PARA FUNDAMENTAÇÃO CONCEITUAL

Hartenstein, R. (2007). The von neumann syndrome. *In Stamatis Vassiliadis Memorial Symp.* Citeseer.

Hartenstein, R. (2001). A decade of reconfigurable computing: a visionary retrospective. *In Proceedings of the conference on Design, automation and test in Europe* , páginas 642-649. IEEE Press.

Hauck, S. e DeHon, A. (2010). Reconfigurable computing: the theory and practice of FPGA-based computation. Morgan Kaufmann.

Calazans, N. L. V. (1998). Projeto lógico automatizado de sistemas digitais sequenciais . DCC/IME.

Candido, F. (2009). Será o fim da Lei de Moore? URL: <http://info.abril.com.br/noticias/ti/sera-o-fim-da-lei-de-moore-10042009-10.shl>, note = Acesso em 20/12/2013.

Compton, K. e Hauck, S. (2002). Reconfigurable computing: a survey of systems and software. *ACM Computing Surveys (csuR)*, 34(2):171 - 210.

DeHon, A. (2000). The density advantage of configurable computing. *Computer*, 33(4):4149.

Ebeling, C., Cronquist, D. C., e Franklin, P. (1996). RaPiD Reconfigurable pipelined datapath. *In Field-Programmable Logic Smart Applications, New Paradigms and Compilers*, páginas 126 135. Springer.

International Conference on, páginas 250_255. IEEE. Gokhale, M. B. (1990). Splash: A reconfigurable linear logic array , volume 9. *Supercomputing Research Center*.

Goldstein, S. C., Schmit, H., Budiu, M., Cadambi, S., Moe, M., e Taylor, R. R. (2000). PipeRench: *A reconfigurable architecture and compiler*. *Computer*, 33(4):70_77.

Mesquita, D. G. (2002). Contribuições para reconfiguração parcial, remota e dinâmica de FPGAs. Mestrado em Ciência da computação, Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, PUC/RS, Brasil .

Moreno, E. D., da Silva Martins, C. A. P., Ordonez, Corrêa, J. B. T., e Carvalho, M. B. (2005). Computação reconfigurável: conceitos, tendências e aplicações. *Ciência, Tecnologia e Inovação: Atalhos para o Futuro-Anais* , 2:339_388.

Otero, J. C. S. (2006). Javarray: uma arquitetura reconfigurável para o aumento de performance e economia de energia de aplicações embarcadas baseadas em Java. Instituto de Informática-Universidade Federal do Rio Grande do Sul-UFRGS .

Page, I. (1996). Reconfigurable processor architectures. *Microprocessors and Microsystems*, 20(3):185 _ 196.

Radunovic, B. e Milutinovic, V. (1998). A survey of recon gurable computing architectures. In R. Hartenstein e A. Keevallik, editores, *Field-Programmable Logic and Applications From FPGAs to Computing Paradigm* , volume 1482 of Lecture Notes in Computer Science, páginas 376-385. Springer Berlin Heidelberg.

Rose, J., Kuon, I., e Tessier, R. (2008). Fpga architecture: Survey and challenges. *Foundations and Trends R in Electronic Design Automation* , 2(2):135 253.

Sanchez, E., Sipper, M., Haenni, J.-O., Beuchat, J.-L., Stauer, A., e Perez-Urbe, A. (1999). Static and dynamic configurable systems. *Computers, IEEE Transactions on*,48(6):556-564.

Skliarova, I. e Ferrari, A. B. (2012). Introdução a computação reconfigurável. *Eletrônica e Telecomunicações*, 4(1):103-119.

Gokhale, M. B. (1990). Splash: A reconfigurable linear logic array , volume 9. *Supercomputing Research Center*.

Maxfield, M. (2012). Introducing early programmable FPGA fabric. URL: <http://xilinx.eetop.cn/viewnews-1286>. Acesso em 20/12/2013.

Vuillemin, J. E., Bertin, P., Roncin, D., Shand, M., Touati, H. H., e Boucard, P. (1996). Programmable active memories: Reconfigurable systems come of age. *Very Large Scale Integration (VLSI) Systems, IEEE Transactions on* , 4(1):56_69.

Waingold, E., Taylor, M., Srikrishna, D., Sarkar, V., Lee, W., Lee, V., Kim, J., Frank, M., Finch, P., Barua, R., et al. (1997). Baring it all to software: Raw machines. *Computer*, 30(9):86_93.

Wirthlin, M. J. e Hutchings, B. L. (1995). A dynamic instruction set computer. In *FPGAs for Custom Computing Machines*, 1995. *Proceedings. IEEE Symposium on* ,páginas 99_107. IEEE.