

Índice

1 – Introdução	2
2 – Breve introdução à computação quântica	3
3 – Equipe técnica	4
4 – Objetivos	5
5 – Metodologia	6
6 – Cronograma e plano de trabalho do bolsista	7
7 – Referências bibliográficas	9
8 – Anexos	

Curriculum vitae dos coordenadores do projeto

→ Antônio Maria Pereira de Resende, *orientador*.

→ Antonio Tavares da Costa Júnior, *co-orientador*.

1 – Introdução

Existem, atualmente, inúmeras atividades que, ao serem realizadas em computador, demandam enorme quantidade de processamento e tempo de execução. As tentativas de redução do tempo de execução destas atividades levam os pesquisadores a buscarem, cada vez mais, máquinas mais velozes. Entretanto chegará um momento em que os limites físicos impedirão esta busca por mais velocidade.

Segundo a lei de Moore^[1], os fabricantes de *chips* são capazes de duplicar, a cada 18 (dezoito) meses, o número de transistores contidos numa lâmina de silício do tamanho de uma unha. Por meio de feixes de raios ultravioleta, o silício cristalino é gravado com sulcos microscópicos. O diâmetro de um fio de cabelo é 500 (quinhentas) vezes maior que o diâmetro dos fios de um *chip Pentium*, cuja camada isolante tem apenas 25 (vinte e cinco) átomos de espessura^[2].

Contudo, segundo as leis da física, há um limite para a miniaturização. Os transistores ficarão tão diminutos que os componentes de silício terão tamanho quase molecular. Em distâncias tão minúsculas, os caprichos da mecânica quântica entram em ação, fazendo com que os elétrons pulem de um ponto a outro sem cruzar o espaço que os separa. Eles brotarão através de fios e isolantes de dimensões atômicas, como água vazando de uma mangueira, e provocarão curtos-circuitos fatais^[2].

Então o que ocorrerá quando os limites físicos forem atingidos? Muitas são as propostas de solução atualmente. Uma das mais fundamentadas é a Computação Quântica^[3] que promete revolucionar a computação nas próximas décadas.

Mesmo que a lei de Moore deixe, em algum momento, de ser aplicada a computação tradicional ainda sim a computação quântica continuará válida devido ao seu alto poder de processamento^[3]. Comprovando a real possibilidade de implementação de computadores quânticos, sabe-se que alguns processadores, mesmo que, ainda muito simples, já estão sendo testados em laboratórios como os da IBM^[5].

A computação quântica é um modo fundamentalmente novo de processar informações através do uso de fenômenos da mecânica quântica (especialmente a interferência quântica^[3]).

A mecânica quântica é a teoria mais geral da física. É o arcabouço sobre o qual todas as outras teorias atuais, exceto a teoria geral da relatividade, são formuladas.

A promessa de revolução na computação por parte da computação quântica está no poder desta em aproveitar o chamado paralelismo quântico para tratar certos problemas comumente intratáveis na computação clássica visto que todos os computadores atuais obedecem às leis da mecânica clássica – as leis que regulam o mundo macroscópico.

Deste modo as pesquisas nesta área vêm despertando real interesse por parte de grandes empresas como Microsoft, AT&T, IBM entre outras. O próprio governo americano tem real interesse em financiar esta área^[4].

Entretanto, de certo modo, fica sempre a questão da qual o futuro econômico e a prosperidade de muitos países talvez dependam: a tecnologia dos *chips* de silício manterá viva a lei de Moore^[1] depois de 2020? Há muitos anos, essa lei é o motor que impulsiona uma indústria trilionária. Graças a ela, podemos receber, e depois jogar fora, um cartão musical de aniversário cuja capacidade de processamento é superior à todos os computadores das Forças Aliadas usados na Segunda Grande Guerra

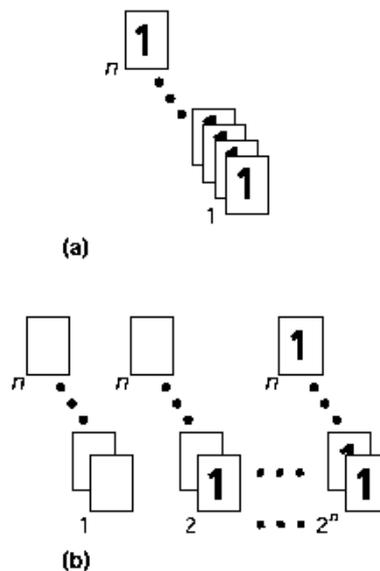
Daqui a alguns anos a teoria e as tecnologias de computação poderão alterar-se radicalmente. É fundamental estar atualizado com essas informações visando proporcionar aos pesquisadores um mínimo de conhecimento necessário para não ficarem na *contramão da história*.

2 – Breve introdução à computação quântica

A computação quântica aproveita a superposição coerente de estados quânticos para implementar o paralelismo quântico: a realização simultânea da mesma operação para diferentes valores dos bits quânticos. Isto só é possível devido a uma distinção fundamental entre os bits quânticos (conhecidos como *qubits*) e os clássicos: enquanto os bits clássicos só podem estar nos estados 0 ou 1, os *qubits* podem estar em estados que são superposições de 0 e 1. Estas superposições não possuem análogos clássicos, e são difíceis de caracterizar conceitualmente, pelo menos dentro do referencial clássico.

Uma outra característica essencialmente não-clássica dos estados de sistemas quânticos é o chamado emaranhamento. Um estado emaranhado de dois *qubits* é aquele que é impossível escrever como um produto tensorial de dois estados quânticos independentes, cada qual pertencente a um dos *qubits* isoladamente. Isto implica na existência de uma correlação quântica fundamental entre os estados dos dois *qubits*, de modo que o estado de um deles depende essencialmente de terem sido ou não realizadas medidas do estado do outro. É esta característica que permite a teleportação de estados quânticos, por exemplo.

A implementação de um simulador de operações quânticas, além de proporcionar ao estudante contato com esta nova área multidisciplinar, servirá como ferramenta didática para o ensino dos conceitos da computação quântica, e para auxiliar interessados na área de computação a compreender melhor o funcionamento dos algoritmos quânticos.



Computador clássico vs. paralelismo quântico: para ativar o mesmo grau de paralelismo de (a) 300 processadores quânticos ($n = 300$), seria preciso de (b) 2^{300} processadores clássicos. Desde que 2^{300} é mais que o número de partículas no universo, pode-se dizer que a computação quântica proporciona um crescimento astronômico no paralelismo.

3 – Equipe técnica

Orientador do projeto: *Antônio Maria Pereira de Resende*

Titulação: *Ms. Ciência da Computação*

Cargo: *Professor 3º grau*

Dedicação: *Exclusiva*

Resumo curricular:

Bacharel em Matemática Aplicada a Informática pela Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá – FEPI em 1996. Mestre em Ciência da Computação pelo Instituto Tecnológico de Aeronáutica – ITA em 1999. É professor assistente de 3º grau com dedicação exclusiva desde 1997. Atua na área de Inteligência Artificial e Engenharia de Software. Lecionou 2 anos no curso de Matemática Aplicada a Informática da Fundação de Ensino e Pesquisa de Itajubá. Atualmente leciona na Universidade Federal de Lavras para o Curso de Ciência da Computação.

Co-orientador do projeto: *Antonio Tavares da Costa Júnior*

Titulação:

Cargo: *Professor 3º grau*

Dedicação: *Exclusiva*

Resumo curricular:

Graduação em Física pela Universidade Federal Fluminense, UFF no período 1989-1992. Mestrado e doutorado também da UFF respectivamente nos períodos de 1993-1994 e 1994-1998, área de concentração: Física de matéria condensada. Realizou seu pós-doutorado em 2001 na Universidade de Oxford, Inglaterra, concentrando-se em **computação quântica**. *Áreas de pesquisa:* magnetismo de metais de transição; transporte eletrônico em nano estruturas; simulação computacional de sistemas biológicos; implementação de computação quântica em sistemas de estado sólido.

Bolsista: *Anderson de Rezende Rocha*

Titulação: *Graduação em Ciência da Computação (em curso)*

Dedicação: *Integral*

Resumo curricular:

Graduando do curso de Bacharelado em Ciência da Computação da UFLA, cursando o 5º período. Tem grande interesse em continuar trabalhando com iniciação científica. Adquiriu experiência em pesquisa científica durante o período de maio/2001 até o momento com um trabalho de pesquisa na área de Inteligência Artificial intitulado *Desenvolvimento de uma arquitetura para simulação do funcionamento distribuído e paralelo do cérebro*. Está bastante estimulado a desenvolver um trabalho interessante na área de mecânica e computação quântica.

4 – Objetivos

Este projeto visa atender aos seguintes objetivos:

- Propiciar ao graduando um maior contato com as teorias da computação e mecânica quânticas, disciplinas não lecionadas no curso de graduação.
- Dar continuidade à metodologia de desenvolvimento científico experimentado pelo graduando quando de sua atual bolsa de pesquisa.
- Estudo de técnicas atuais da computação quântica e seu embasamento na mecânica quântica.
- Pesquisar algoritmos quânticos existentes.
- Analisar o desempenho de algoritmos quânticos e seu real aproveitamento do processamento quântico.
- Listar e classificar as perdas do desempenho computacional.
- Buscar possíveis soluções para estas perdas na literatura quântica, matemática e física.
- Desenvolvimento de um simulador de algoritmos quânticos já propostos por pesquisadores da área. Estes algoritmos apresentam um novo paradigma de pensamento em relação à computação clássica. Deste modo pretende-se utilizar os meios clássicos de computação para simular estes algoritmos em funcionamento. Assim, quando uma pessoa comum procurar saber sobre algum algoritmo quântico não esbarra apenas em teorias e sim numa visualização de como atuaria aquele algoritmo. Esta visualização, mesmo que utilizando os meios clássicos de programação, com certeza, propiciará a esta pessoa um nível bem superior de entendimento do assunto.
- Disponibilização de todo o conteúdo coletado em um *site* dedicado ao projeto de modo que todas as pessoas interessadas no assunto possam entender de forma mais simplificada em que nível está a computação quântica atualmente.
- Formar uma equipe de pesquisa no departamento, quiçá na universidade, para atuar nesta área, visto que, ela engloba conhecimentos não só de computação, mas também de ciências exatas como a física.
- Divulgar um pouco mais este tema, que, com certeza, não sairá das mídias informativas nos anos que estão por vir.

5 – Metodologia

Este projeto atenderá aos seus objetivos utilizando-se os seguintes métodos:

- Serão feitos, através de um possível curso de extensão, estudos dos conceitos e leis da mecânica quântica, as bases, a independência linear, operadores lineares e matrizes, produtos internos, produtos tensores, operações de funções, medida quântica, fases, visão geral etc.
- Feita esta fase de estudo inicial parte-se para o estudo do que seria a computação quântica, propriamente dita. Isto será feito através de artigos especializados, revistas, livros etc.
- Em seguida será realizado um estudo sobre os impactos da computação quântica no mundo. As mudanças que obrigatoriamente ocorrerão, o que não será afetados etc.
- Passada esta fase será feito um estudo das possibilidades da realização física dos computadores quânticos, os obstáculos ainda a serem vencidos, os problemas já conhecidos etc.
- Finda esta etapa serão encaminhados estudos dos algoritmos quânticos já escritos e que, teoricamente, são mais viáveis que algoritmos tradicionais da computação clássica. Alguns destes podem ser: algoritmo de transformação de Fourier, algoritmo de Grover para busca em texto, algoritmo de fatoração numérica de Shor etc. Para mais detalhes consulte a bibliografia^[3].
- Fazer estudos de avaliação destes algoritmos.
- Feitos estes estudos preliminares parte-se para um estudo de como seriam implementados tais algoritmos, numa espécie de simulador computacional onde estes possam ser executados.
- Procuram-se, então, pesquisadores da área para se montar uma espécie de discussão sobre as melhores formas de tal implementação.
- Uma vez definida as formas da implementação parte-se para esta propriamente dita. Procurando sempre desenvolver códigos claros que possam, futuramente, ser autocontidos, ou seja, auto-explicativos.
- Terminado a implementação, passa-se para a etapa de testes em laboratório com o uso de exemplos práticos.
- Caso ocorra algum problema durante os testes de laboratório, retorna-se à etapa de simulação e, se necessário, retorna-se à etapa de projeto e estudo.
- Uma vez que o projeto esteja funcionando perfeitamente, passa-se para a fase de finalização onde toda uma documentação será desenvolvida para posterior divulgação na *internet*.

6 – Cronograma e plano de trabalho do bolsista

Abaixo está uma proposta para o cronograma de atividades a ser seguido pelo bolsista:

Etapa	Setembro	Outubro	Novembro	Dezembro
1	■	■		
2		■	■	
3		■	■	■
4			■	■
5				■
6				■
7				■

Ano de 2003												
Etapa	Janeiro	Fevereiro	Março	Abril	Maio							
8	■	■	■									
9		■	■	■								
10			■	■	■							
11				■	■							
12					■							
13					■							

Ano de 2003 cont.					
Etapa	Junho	Julho			
13	■				
14	■	■			
15		■			

1 – Coleta de material bibliográfico.

Procura de artigos especializados, livros, sites na internet. Tentativa de montar um grupo de pesquisa nesta área.

2 – Desenvolvimento do site da pesquisa e criação de uma lista de discussão sobre o tema.

Iniciar o site que conterá os avanços da pesquisa de modo que outros interessados possam ter um ponto de partida para se iterar mais sobre o assunto. Este site irá ser atualizado durante toda a pesquisa.

3 – Introdução à mecânica quântica.

Será realizado uma espécie de curso rápido sobre mecânica quântica para que o bolsista saiba de onde tudo começou.

4 – Estudo da ligação entre a mecânica quântica e a computação quântica.

Serão apresentados conceitos mais avançados em mecânica quântica para que o bolsista esteja apto a estudar mais profundamente a computação quântica propriamente dita.

5 - Impactos da computação quântica no mundo.

Estudos de quais seriam os impactos no mundo atual caso fosse anunciado de noite para o dia a existência de supercomputadores quânticos. Possibilidades de implementação de computadores quânticos na atualidade.

Quais são as possibilidades de se construir um computador quântico na atualidade? Quais as perspectivas de futuro e amadurecimento desta idéia? O que, atualmente, estaria limitando a construção de computadores quânticos?

6 – Vantagens do computador quântico.

Em que áreas da computação atual os computadores quânticos praticamente arrasariam?

7 – Estudo teórico de algoritmos quânticos.

Busca de materiais sobre algoritmos quânticos já propostos por pesquisadores e que, teoricamente, têm algo de especial que o tornam, diga-se primeiramente, mais velozes, que os algoritmos clássicos que realizam as mesmas tarefas.

8 – Implementação do simulador quântico.

Construção de um ambiente num computador comum que possa simular a execução de alguns algoritmos quânticos. Este ambiente será desenvolvido de forma que possa ser acessado de qualquer lugar do planeta através da internet. Será utilizada a linguagem de programação JAVA^[6] por ser mais portátil.

9 – Procura de idéias de como implementar alguns dos algoritmos estudados no simulador.

Discussão, através da internet, sobre como poderiam ser simulados os algoritmos estudados na fase anterior.

10 – Implementação dos algoritmos, previamente selecionados, no simulador.

Findas as buscas por idéias de implementação, nesta fase, os algoritmos selecionados na fase 9 serão efetivamente criados em computador.

11 – Testes de verificação da implementação.

Estando tudo implementado, esta é a fase dos testes, caça a bugs e possível remodelagem de alguma fase que não esteja se comportando conforme o desejado.

12 – Análise dos algoritmos.

Analisar o desempenho de algoritmos quânticos e seu real aproveitamento do processamento quântico. Listar e classificar as perdas do desempenho computacional.

13 – Possíveis soluções para as perdas de processamento.

Buscar possíveis soluções para estas perdas na literatura quântica, matemática e física.

14 – Geração de documentação.

Como tudo será disponibilizado na internet é necessário que uma documentação sobre os fontes do simulador esteja disponível. Esta será a fase onde todos os códigos fontes desenvolvidos na pesquisa serão documentados.

15 – Escrita do relatório final a ser entregue ao CNPq.

Tudo o que foi desenvolvido constará no relatório final de pesquisa que será entregue ao CNPq.

7 – Referências bibliográficas

- [1] INT MEDIA GROUP INCORPORATED. *Moore's Law* - *Webopedia.com*. 25 de abril de 2002, http://www.webopedia.com/TERM/M/Moores_Law.html
- [2] KAKU, Michio. *Visions, How Science Will Revolutionize the 21st Century*. New York, September, 1998.
- [3] NIELSEN, Michel A., and Chuang, Isaac L. *Quantum Computation and Quantum Information*. Cambridge, UK, Cambridge University Press, 2000.
- [4] THE NEW YORK TIMES COMPANY. *Gauging the Limits of Quantum Computing*. 19 de abril de 2002, <http://www.nytimes.com/library/national/science/030700sci-quantum-computing.html>
- [5] AGENCIA ESTADO. *Vem aí o computador quântico*. Artigo publicado em 16 de agosto de 2000 in *O Estado de São Paulo*, www.estadao.com.br
- [6] THE SUN MICROSYSTEMS. *The Java Tutorial*. 19 de agosto de 2001, <http://java.sun.com/docs/books/tutorial/>

Lavras, maio de 2002

Prof. Antônio Maria Pereira de Resende
Orientador do projeto