

Proposta para Projeto Integrado de Pesquisa

PLATUS

Desenvolvimento Formal e Simulação de Sistemas Reativos

Leila Ribeiro

Caracterização do Problema e Histórico do Projeto

Sistemas reativos [MP92], ao contrário de sistemas transformacionais, são aqueles formados por vários componentes autônomos que cooperam para a realização de tarefas. O caráter reativo aparece na forma como os componentes trabalham: cada componente executa computações como reações a solicitações de outros componentes ou do ambiente.

O desenvolvimento de sistemas reativos é complexo, pois deve-se levar em consideração a autonomia dos componentes, que podem executar em paralelo enquanto estão interagindo entre si. Desta forma, um método para desenvolvimento de sistemas reativos deve apresentar aspectos de modularidade e interfaces bem definidas entre componentes, além de permitir que a concorrência seja descrita de maneira adequada.

Modelos de simulação [Pid94] podem ser muito úteis no desenvolvimento de sistemas reativos pois permitem, entre outras coisas, *validar* estratégias e algoritmos antes de sua implementação efetiva. Se o modelo de simulação é descrito usando-se especificação formal, então existe a possibilidade adicional de se aplicarem técnicas de verificação para garantir que requisitos funcionais do sistema são satisfeitos, e também de gerar código correto para o sistema especificado.

A literatura oferece diversos formalismos para a especificação de sistemas de software. Alguns tais como Redes de Petri [Rei85] e Gramáticas de Grafos [Ehr79,Roz97] são particularmente apropriados para a descrição de sistemas reativos por simplificarem a descrição de comportamentos concorrentes. Gramáticas de grafos, embora menos difundidas, apresentam algumas vantagens em relação ao uso de Redes de Petri [KR96] por serem mais genéricas e intuitivas. O fato de serem simples de entender é uma característica forte a favor de gramáticas de grafos, na medida em que o usuário programador comum possui certa resistência ao uso de formalismos por considera-los demasiadamente complexos.

O projeto PLATUS tem como objetivo prover um ambiente para desenvolvimento de sistemas reativos onde os mesmos possam ser especificados, simulados, verificados, animados e também possa ser gerado código correto automaticamente. O formalismo de especificação utilizado é uma variação de gramáticas de grafos que inclui aspectos de orientação a objetos [DR00a,DR00b], facilitando assim o seu entendimento e uso por usuários não teóricos, e introduzindo um conceito de modularização em gramáticas de grafos.

Em 1999 o projeto PLATUS foi aprovado pelo CNPq na modalidade auxílio integrado (foram concedidas 1 bolsa de produtividade em pesquisa e 2 bolsas de IC). Durante os primeiros anos deste projeto foram desenvolvidos vários conceitos que embasam a arquitetura do ambiente a ser implementado. Estes conceitos foram publicados em várias conferências, tanto da área de simulação quanto da área de métodos formais [CR98,RCM99,CMR00,CR00]. A seguir, listamos um breve histórico dos resultados alcançados até agora em cada período do projeto:

[1999-2000]: Na primeira fase de execução do projeto foram definidos os conceitos básicos e implementada a primeira ferramenta (simulador).

[2001-2002]: Na segunda fase, foram implementadas algumas ferramentas novas (editor, banco de dados), o simulador foi melhorado, e também realizados vários estudos de caso [CDR01,DR00,DDCR02]. Foram iniciadas investigações para prover métodos de análise e verificação dos sistemas especificados e simulados usando o PLATUS [LRT00, LRT01]. Além disso, foram estudadas técnicas para a animação gráfica de especificações usando o ambiente GenGED [BER00,BR01].

[2003-2004]: Na terceira fase concentramos os esforços em 2 linhas: verificação (em especial, verificação automática) e introdução de conceitos de herança e polimorfismo no formalismo utilizado, para torná-lo mais adequado para aplicações práticas. Foram definidas traduções da linguagem de especificação utilizada (gramáticas de grafos baseadas em objetos – OBGG) para as linguagens de entrada do verificador de modelos SPIN [DFRS03a,DFRS03b,DRS03,SDR04] e HAL [Foss03,FR03a,FR04a] (PROMELA e cálculo-pi, respectivamente). Foi provado que estas traduções são compatíveis com a semântica de OBGG [DFRS04,Foss03]. Foi definida, também, uma extensão de OBGG que inclui os conceitos de herança e polimorfismo [FR03b,FR04b,FR04c].

O relatório encontrado no Anexo A traz as principais contribuições do projeto na terceira fase (agosto/2002 até junho/2004), bem como a lista de publicações relacionadas ao projeto neste período (Relatório Resumido Modelo CNPq).

Objetivos e Metas

O projeto tem por objetivo desenvolver uma metodologia para a construção de sistemas reativos, e também construir ferramentas de simulação e verificação para apoiar a metodologia proposta. Esta metodologia deve partir de uma descrição formal, baseada em gramáticas de grafos, e permitir a transição suave entre um modelo simulado até o sistema propriamente dito.

O produto final deste trabalho será uma ferramenta gráfica interativa para o desenvolvimento de sistemas reativos. A descrição dos modelos é feita utilizando-se o formalismo de gramática de grafos baseadas em objetos (OBGG). Esta descrição poderá ser detalhada o suficiente de maneira que o sistema possa gerar o código executável correspondente ao modelo, ou servir como base para um desenvolvimento formal de software e provas de propriedades para o modelo a ser implementado.

Até o momento os esforços do projeto nos levaram a desenvolver os módulos básicos do ambiente de modelagem (editor de classes e editor de modelos), bem como a ferramenta de simulação e o banco de dados. Foram definidas, também, como será feita a geração de código e abordagens para verificação (usando, principalmente, a tradução para o verificador de modelos SPIN). Na próxima fase, concentraremos esforços nas seguintes áreas:

- Análise e verificação de propriedades de sistemas especificados usando gramáticas de grafos: implementação da tradução e realização de estudos de caso;
- Geração de código correto: prova da correção da geração de código (usando a modelagem de Java como sistemas de transformação de grafos [CDFR04]) e implementação da geração de código;
- Implementação do módulo de animação gráfica: usando a definição realizada na fase anterior, agora será feita a integração das ferramentas GenGEd e PLATUS, possibilitando a definição de módulos de animação gráfica para as especificações descritas em OBGG;
- Extensão do formalismo para possibilitar o uso de interfaces mais abstratas, possibilitando uma reutilização maior de componentes (através do conceito de transações);
- Extensão das ferramentas considerando herança e polimorfismo.
- Definição formal de OBGG temporizadas.

Atividades e Cronograma

A seguir, são apresentadas as atividades que serão desenvolvidas nos três anos de duração desta renovação:

- α) **Verificação de propriedades de gramáticas de grafos:** Nesta atividade serão estudadas otimizações para as traduções propostas na fase anterior, permitindo que especificações de aplicações práticas possam fazer uso destas ferramentas. Além disso, será investigada também a possibilidade de definir técnicas especialmente para gramáticas de grafos, baseadas no modelo semântico de unfolding [Rib96,BCMR03,BCMR04]. Esta atividade será realizada em colaboração com os Profs. Ugo Montanari, Andrea Corradini (Universidade de Pisa/Itália), Paolo Baldan (Universidade de Veneza/Itália), Barbara König (Universidade de Stuttgart/Alemanha) e Fernando Luís Dotti (PUCRS).
- β) **Implementação do módulo de animação:** Esta atividade consiste em implementar a interface com a ferramenta GenGEd para gerar animações gráficas para os sistemas especificados. Isso envolve, também, a construção de extensões no ambiente GenGEd. Esta atividade será realizada em cooperação com o Prof. Hartmut Ehrig e a Dra. Roswitha Bardohl (Universidade Técnica de Berlim/Alemanha).
- χ) **Geração de código correto:** Já existe no PLATUS uma descrição informal de como gerar código para uma determinada especificação. Pretendemos automatizar essa geração de código e provar que o código gerado se comporta como a especificação. Para isso, está sendo desenvolvido um modelo semântico baseado em transformações de grafos para a linguagem Java [CDFR04], o que tornará a prova dessa equivalência semântica mais fácil de ser realizada. Esta atividade será realizada em colaboração com os Profs. Fernando Luís Dotti (PURCS) e Andrea Corradini(Universidade de Pisa/Itália).
- δ) **Generalização das interfaces:** As interfaces existentes hoje são bastante restritas quanto a possibilidade de reuso componentes. Pretendemos flexibilizar essas interfaces através do uso do conceito de transações. Esse conceito será baseado no modelo semântico de tiles para gramáticas de grafos [MR02], que parece ser bastante adequado para esse fim. Esta atividade será realizada em colaboração com os Profs. Ugo Montanari e Andrea Corradini (Universidade de Pisa/Itália).
- ε) **Herança e polimorfismo:** Na fase anterior, foi definida formalmente uma extensão de OGG considerando herança e polimorfismo, chamada gramática de grafos orientada a objetos (OOGG) [FR03b,FR04b,FR04c]. O objetivo desta atividade é verificar quais resultados de OGG podem ser aplicados para OOGG, bem como identificar as modificações necessárias nas técnicas e ferramentas para implementar OOGG.
- φ) **OOGG temporizadas:** Nesta atividade será investigada uma extensão de gramáticas de grafos considerando explicitamente a modelagem de tempo (até agora, quando modelado, o tempo fazia parte da aplicação, e

era responsabilidade do usuário controlá-lo). Para aplicações de tempo real, é importante que o tempo faça parte da especificação, e isso tem um impacto na semântica desses sistema, que deve ser especialmente definida considerando o tempo nas computações geradas pelo sistema.

- γ) **Aplicações em Bioinformática:** Os sistemas biológicos são altamente concorrentes e reativos, além de ter uma grande relevância prática (tanto no entendimento de como os organismos biológicos funcionam, como na definição de fármacos para agir nos processos biológicos). Por esses motivos, a utilização das ferramentas PLATUS para esses sistemas pode ter grandes impactos práticos. Nesta atividade investigaremos as extensões necessárias ao formalismo OBGG para modelar adequadamente sistemas biológicos.
- η) **Estudos de caso:** Para validar os métodos/ferramentas propostas, estarão sendo realizados estudos de caso. Em especial, investigaremos a possibilidade de realizar estudos de caso na área de Bioinformática, por exemplo, na modelagem de vias metabólicas [PR04]. Esta atividade será realizada em colaboração com o Prof. Fernando Luís Dotti (PUCRS).
- ι) **Manutenção de páginas HTML e documentação:** Esta atividade consiste na criação e manutenção das páginas do projeto, geração da documentação relativa as ferramentas e geração dos relatórios de atividades
- φ) **Extensão das ferramentas existentes:** Na medida em que o formalismo for estendido, as ferramentas terão de ser adequadas para refletir essas modificações.
- κ) **Construção de novas ferramentas:** Esta atividade envolve, primeiramente, a implementação de ferramentas de verificação e geração de código. Posteriormente, outras ferramentas podem vir a ser construídas, de acordo com os avanços teóricos obtidos (principalmente nas atividades d, e, f e g).

Atividad.	03-08/05	09/05-02/06	03-08/06	09/06-02/07	03-08/07	09/07-02/08
a	X	X	X	X		
b	X	X				
c	X	X	X	X		
d		X	X	X	X	
e	X	X	X			
f	X	X	X	X	X	
g	X	X	X	X	X	
h	X	X	X	X	X	X
i		X		X		X
j			X	X		X
k	X	X			X	X

Metodologia e Estratégia de ação

A equipe que realizará o projeto é composta, além da coordenadora, pelos seguintes membros:

- Doutorandos:
 - Ana Paula Luedtke Ferreira: estará trabalhando na investigação do conceito de herança e suas implicações na verificação de propriedades (atividades a, e) e h))
 - Luciana Foss: estará trabalhando na otimização da verificação de propriedades e na geração de código correto (atividades a), c) e h)).
 - Marcelo Cezar Pinto: estará trabalhando na modelagem de vias metabólicas usando gramáticas de grafos, bem como outras aplicações envolvendo Bioinformática (atividades g) e h)).
- Mestrandos:
 - Izi Sena: estará trabalhando na definição de interfaces e operadores de composição de OBGG (atividade c)).
 - Leonardo Michelin: estará trabalhando na inclusão do conceito de tempo em OBGG (atividade e)).
- Bolsistas de IC:
 - Dois bolsistas atuarão nas atividades h), i), j) e k).

Além desta equipe, os seguintes pesquisadores já desenvolvem pesquisas nos temas do projeto em estreita colaboração com a coordenadora do projeto:

- **Prof. Dr. Fernando Luís Dotti (PUCRS)**

Áreas de interesse: Sistemas distribuídos, Mobilidade de código

- **Prof. Dr. Ugo Montanari (Universidade de Pisa/Itália)**

Áreas de interesse: Modelos computacionais, sistemas concorrentes, modularização e composição de sistemas.

- **Prof. Dr. Andrea Corradini (Universidade de Pisa/Itália)**

Áreas de interesse: Gramáticas de grafos, verificação, semântica formal, sistemas concorrentes

- **Dr. Paolo Baldan (Universidade de Veneza/Itália)**

Áreas de interesse: Semântica formal, verificação de propriedades

- **Prof. Dr. Hartmut Ehrig (Universidade de Técnica de Berlim/Alemanha)**

Áreas de interesse: Especificação formal, gramáticas de grafos, modularização

- **Dra. Roswitha Bardohl (Universidade Técnica de Berlim/Alemanha)**

Áreas de interesse: Linguagens visuais, gramáticas de grafos, animação

- **Dra Barbara König (Universidade de Stuttgart/Alemanha)**

Áreas de interesse: Verificação usando unfoldings, gramáticas de grafos

A tarefa principal do projeto é a construção do ambiente PLATUS. Esta envolve o desenvolvimento de conceitos teóricos e a implementação de ferramentas que suportem a utilização destes conceitos. O desenvolvimento dos conceitos teóricos se dará através de cooperações com especialistas em cada assunto (pesquisadores citados acima). Essas cooperações se darão através da troca de emails, bem como através de missões científicas financiadas por projetos de cooperação internacional (DACHIA – cooperação Brasil/Alemanha FAPERGS/BMBF, e IQ-Mobile – cooperação Brasil/Itália CNPq/CNR).

A especificação e desenvolvimento das diferentes ferramentas que constituem o ambiente serão realizadas pelos bolsistas IC, coordenadas pelos mestrados e doutorandos da equipe, sob a coordenação geral da coordenadora. Os bolsistas de IC serão responsáveis pelas implementações, e os pesquisadores pelo desenvolvimento dos conceitos teóricos e arquitetura do sistema. Para manter o grupo integrado, o que é fundamental no desenvolvimento de um ambiente complexo, serão realizadas reuniões semanais, onde serão discutidos tanto aspectos concretos relativos às ferramentas, mas também aspectos conceituais da modelagem utilizada.

Resultados e Impactos esperados

Diversos são os resultados esperados:

- Publicações - O projeto envolve a definição de um framework completo para o desenvolvimento de sistemas reativos, que contempla desde as metodologias de modelagem até as ferramentas que suportam estas metodologias. A apresentação deste framework completo, em todos os seus aspectos, será feita como um artigo a ser submetido para uma revista relevante na área. Outros artigos de revista estão em fase de conclusão, ilustrando aspectos de verificação [DFRS04] e semântica de unfolding [BCMR04]. Além disto, ao longo do projeto, como já vem sendo feito, os diversos avanços e resultados obtidos serão apresentados, na forma de artigos, em congressos representativos das áreas envolvidas.
- Metodologia de Desenvolvimento de Sistemas Reativos - Um dos principais resultados do projeto será a definição de uma metodologia de desenvolvimento de sistemas reativos que satisfaça os diversos objetivos do projeto: construção de modelos formais, simulação, animação gráfica, verificação e validação de propriedades, geração do sistema a partir do modelo.
- Arquitetura PLATUS de Ambiente de Simulação - Outro resultado importante do projeto é a arquitetura nele definida: distribuída, portátil, não-monolítica que representa um avanço em termos das arquiteturas existentes para ambientes de simulação.

Além disso, espera-se obter uma maior integração da equipe com pesquisadores de áreas relacionadas ao projeto, fomentando assim mais ainda o espírito científico nos alunos participantes do projeto.

Relevância

A pesquisa em novos métodos para o desenvolvimento de sistemas reativos é com certeza uma contribuição científica importante pois este tipo de sistemas, apesar de serem muito utilizados na prática ainda necessitam de um ambiente integrado baseado em uma sólida semântica onde possam ser especificados, simulados e verificados. Em especial, várias aplicações da área de Bioinformática são sistemas reativos, e esperamos poder dar contribuições significativas para essa área com os conceitos e ferramentas desenvolvidos neste projeto.

Referências Bibliográficas

- [BCMR03] BALDAN, P. , CORRADINI, A. MONTANARI, U. RIBEIRO, *Coreflective Concurrent Semantics for Single-Pushout Graph Grammars*. In: Proc. WADT 2002 - 16th International Workshop on Algebraic Development Techniques, Frauenchiemsee, Alemanha, set. 2002. **Recent Trends in Algebraic Development Techniques**. Springer, 2003. Lecture Notes in Computer Science, v.2755, p.165 – 184.
- [BCMR04] BALDAN, P. , CORRADINI, A. MONTANARI, U. RIBEIRO, *Coreflective Concurrent Semantics for Single-Pushout Graph Grammars*. 40pp. A ser submetido para a revista Information and Computation, 2004.
- [BER00] BARDOHL, R., ERMEL, C., RIBEIRO, L. *A modular approach to animation of simulation models* In: Proc. XIV Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2000, João Pessoa , 2000. p.133 -146.
- [BR01] BARDOHL, R., RIBEIRO, L. *Towards a Compositional Approach to Define Graphical Animation of Software Applications*. In: Visual Languages and Formal Methods (VLFM'01), 2001, Stresa, Itália. IEEE Symposia on Human-Centric Computing Languages and Environments. IEEE, 2001.
- [CDR01] CORRADINI, A., DOTTI, F. L., RIBEIRO, L. *A graph transformation view on the specification of applications using mobile code*. Eletronic Notes In Theoretical Computer Science. , v.50, n.3, 2001. Versão resumida pode ser encontrada em 2nd International Workshop on Graph Transformations and Visula Modeling Techniques, 2001, Creta, Grécia. Proc. of the Satellite Wokrshops of the 28th International Colloquium on Automata, Languages and Programming (ICALP'01). , 2001. p.240-248.
- [CDFR04] CORRADINI, A., DOTTI, F. L., FOSS, L., RIBEIRO, L. *Translating Java code to graph transformation systems*. In: International Conference on Graph Transformation, 2004, Roma, Itália. **Proceeding of the 2nd. International Conference on Graph Transformation (ICGT 2004)**. Springer, 2004. Lecture Notes in Computer Science. Aceito para publicação.
- [CMR00] B. Copstein, M. da Costa Mora e L. Ribeiro. *An Environment for Formal Modeling and Simulation of Control Systems*. Proc. ANSS'00 33rd Annual Simulation Symposium, ACM, IEEE, SCS, Washington D.C (EUA), Abril 2000, pp. 74-82.
- [CR98] B. Copstein e L. Ribeiro. *Specifying Simulation Models using Graph Grammars*, 10th European Simulation Symposium And Exhibition, October 26-28, 1998, Nottingham, United Kingdom.
- [DDCR02] DUARTE, L. M., DOTTI, F. L., COPSTEIN, B., RIBEIRO, L. *Simulation of Mobile Applications*. In: Proc. Of CND5 2002 - Communication Networks and Distributed Systems Modeling and Simulation Conference, 2002, San Antonio, 2002.
- [DFRS03a] DOTTI, F. L., FOSS (D), L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M. *Especificação e verificação formal de sistemas distribuidos* In: 17o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2003, Manaus. **17o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software**. , 2003. p.225 – 240.
- [DFRS03b] DOTTI, F. L., FOSS (D), L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M. *Verification of distributed object-based systems* In: 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems, 2003, Paris. **FMOODS'2003 - 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems**. Springer, Lecture Notes in Computer Science, 2003.
- [DR00a] F. DOTTI e L. RIBEIRO. *Code mobility in open systems: A formal approach*. Proc. PDPTA'00 Parallel and Distributed Processing Techniques and Applications, Las vegas (EUA), Jul. 2000.
- [DR00b] DOTTI, F. L., RIBEIRO, L. *Specification of mobile code using graph grammars* In: Formal Methods for Open Object-Based Distributed Systems IV, Kluwer Academic Publishers, 2000.

- [DRS03] DOTTI, F. L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M. *Specification and analysis of fault behaviors using graph grammars* In: Application of Graph Transformation with Industrial Relevance, 2003, Charlottesville. **AGTIVE'2003 - Applications of Graph Transformation with Industrial Relevance**. Springer, 2003. Lecture Notes in Computer Science, v.3062. p.120 – 133.
- [Ehr79] H.Ehrig, *Introduction to the algebraic theory of graph grammars*, 1st Graph Grammar Workshop, LNCS 73, Springer, 1979, pp.1-69.
- [Foss03] FOSS, L. *Uma tradução de gramáticas de hipergrafos baseados em objetos para cálculo- π* . Dissertação de mestrado. UFRGS/PPGC, 2003.
- [FR03a] FOSS, L., RIBEIRO, L. *A translation of object-based hypergraph grammars into pi-calculus*. In: 6th Workshop on Formal Methods, 2003, Campina Grande. **WMF'2003 - 6th Workshop on Formal Methods**. , 2003. p.1 – 16.
- [FR03b] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L. *Towards object-oriented graphs and grammars* In: 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems, 2003, Paris. **FMOODS'2003 - 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems**. Springer, 2003, Lecture Notes in Computer Science.
- [FR04a] FOSS, L. (D), RIBEIRO, L. *A Translation from Object-Based Hypergraph Grammars into π -Calculus*. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. , v.95, p.245 - 267, 2004.
- [FR04b] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L. *A graph-based semantics for object-oriented programming constructs*. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 2004. Aceito para publicação (volume especial contendo artigos do CTCS 2004 - Category Theory and Computer Science).
- [FR04c] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L. *Derivations in object-oriented graph grammars*. In: International Conference on Graph Transformation, 2004, Roma, Itália. **Proceeding of the 2nd International Conference on Graph Transformation (ICGT 2004)**. Springer, 2004. Lecture Notes in Computer Science. Aceito para publicação.
- [KR96] M.KORFF and L. RIBEIRO, *Formal Relationship Between Graph Grammars and Petri Nets*, Lecture Notes in Computer Science 1073, 1996.
- [LRT00] LORETO, A. B., RIBEIRO, L., TOSCANI, L. *Complexity analysis of reactive graph grammars*. Revista de Informatica Teórica e Aplicada. Porto Alegre: , v.7, n.1, p.109 - 128, 2000. Versão resumida em Proc. III Workshop de Métodos Formais, 2000, João Pessoa. SBES'2000 - Workshops. , 2000. p.193- 204.
- [LRT01] LORETO, A. B., RIBEIRO, L., TOSCANI, L. V. *Decidibilidade e tratabilidade de gramáticas de grafos orientadas a objeto* In: Proc. IV Workshop de Métodos Formais, Rio de Janeiro, 2001.
- [LRT02] LORETO, A. B., RIBEIRO, L. e TOSCANI, L. V. *Decidability and tractability of a problem in object-based graph grammars* In: 17th IFIP World Computer Congress - Theoretical Computer Science, 2002, Montreal. Proc. of TCS 2002 - Theoretical Computer Science. Kluwer, 2002. (Aceito para publicação) .
- [MP92] MANNA, Z. e PNUELI, A. *The temporal logic of reactive and concurrent systems: specification*. Spriger Verlag, 1992.
- [MR02] MONTANARI, U. e L. RIBEIRO, *Linear ordered graph grammars and their algebraic foundations*. In: International Conference on Graph Transformation ICGT 2002, 2002, Barcelona, Espanha. Lecture Notes in Computer Science. Springer, 2002. (Aceito para publicação).
- [Rei85] REISIG, W., *Petri nets*. EATCS Monographs pn Theoretical Computer Science, vol. 4, Springer Verlag, 1985.
- [PR04] PINTO, M. C., RIBEIRO, L. *Modeling Metabolic and Regulatory Networks using Graph Transformations*. In: Workshop on Petri nets and Graph Transformations, 2004, Roma, Itália. **Proceedings of the Workshop on Petri nets and Graph Transformations (PNGT 2004)**, 2004. Aceito para publicação.
- [Pid94] PIDD, M. *An Introduction to Computer Simulation*. In: Winter Simulation Conference (WSS), 1994. Proceedings... [S. I.: s. N], 1994.

- [Roz97] ROZENBERG, G.(ed.),*The handbook of graph grammars and computing by graph transformation, Volume 1: Foundations*, World Scientific, 1997.
- [RC00] RIBEIRO, L. E COPSTEIN, B. *Compositional construction of simulation models using graph grammars*. Lecture Notes in Computer Science. , v.1779, p.87 - 94, 2000.
- [RCM99] L. RIBEIRO, B. COPSTEIN e M. da COSTA MORA. *Formal Development of Control Systems using Simulation*. 2nd Workshop on Formal Methods, SBC, Florianopolis, Santa Catarina, 13 a 15 de outubro de 1999.
- [SDR04] SANTOS, O. M., DOTTI, F. L., RIBEIRO, L. *Verifying Object-Based Graph Grammars*. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. , 2004. Aceito para publicação no volume de artigos do GT-VMT 2004 - International Workshop on Graph Transformation and Visual Modeling Techniques.

Anexo A

**CNPq - Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
DCT -Diretoria de Desenvolvimento Científico e Tecnológico**

PROGRAMA DE BOLSAS DE PRODUTIVIDADE EM PESQUISA

RELATÓRIO RESUMIDO

Resumo das Atividades Executadas no último Período de vigência da bolsa.

Nome do Pesquisador : **LEILA RIBEIRO**

Nº do Processo: **551868/2002-3**

Instituição (por extenso): **UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL**
UF:**RS**

Área/subárea do projeto (por extenso): **1.03.03.022**

Pesquisador CNPq: Categoria/Nível 2

Situação em relação ao projeto: integrado individual
 coordenador
 participante

O projeto vem sendo apoiado pelo CNPq desde 03/1999
(mês) (ano)

I - Título do projeto apoiado pelo CNPq:

PLATUS

Desenvolvimento formal e simulação de sistemas reativos

Principais objetivos do projeto original:

- Desenvolver uma metodologia para a construção e execução de modelos de sistemas reativos usando o formalismo de gramáticas de grafos.
- Construir ferramentas de simulação para apoiar a metodologia.
- Construir ferramentas de verificação para apoiar a metodologia.
- Integrar as ferramentas em um ambiente de desenvolvimento de modelos de simulação discreta de sistemas reativos (chamado ambiente PLATUS).

II - Principais etapas executadas no período visando ao alcance dos objetivos:

(Obs.: Juntamente com as etapas, estão sendo listadas as atividades listadas no pedido de renovação do projeto em 2002 que foram realizadas nessas etapas.)

1. **Análise da complexidade de verificação de propriedades de gramáticas de grafos** (atividade a);

2. **Verificação de propriedades de gramáticas de grafos** (atividade b);
3. **Projeto e implementação do módulo de animação**(atividade c);
4. **Geração de código correto** (atividade d);
5. **Herança** (atividade f);
6. Estudos de caso (atividade g);
7. Manutenção das páginas do projeto (atividade h);
8. **Extensão das ferramentas existentes (atividade i);**
9. **Construção de novas ferramentas (atividade j).**

Para maiores detalhes vide item III.

III - Apresentação e discussão sucinta dos principais resultados obtidos, deixando claro o avanço teórico, experimental ou prático obtido pela pesquisa (os resultados formais - publicações - são solicitados no item VIII)

Os principais resultados que foram obtidos de agosto de 2002 a junho de 2004 foram:

1. **Análise da complexidade de verificação de propriedades de gramáticas de grafos:** Para viabilizar a verificação automática, ou pelo menos semi-automática, de propriedades de sistemas reativos, é interessante procurar restrições ao modelo matemático utilizado para descrever esses sistemas (no caso, gramáticas de grafos) que por um lado ainda deixem o formalismo expressivo o suficiente para a descrição dos sistemas, e, por outro, tornem a verificação de propriedades decidível e, se possível, tratável. Nesta atividade, estudamos uma série de restrições. Alguns resultados foram publicados em [LRT02]. Devido a mudança de linha de pesquisa da aluna de doutorado Aline Brum Loreto, esta atividade foi interrompida em 2003.
2. **Verificação de propriedades de gramáticas de grafos:** Foram estudadas técnicas para verificação de propriedades de gramáticas de grafos. Consideramos em especial o uso de ferramentas já existentes (fazendo as provas através de traduções para a linguagem de entrada das ferramentas correspondentes), usando as ferramentas SPIN e HAL (que tem como linguagem de entrada PROMELA e cálculo-pi, respectivamente). Definimos traduções de gramáticas de grafos para essas linguagens, provando que essas traduções preservavam a semântica das gramáticas de grafos. Os resultados dessa atividade foram publicados em uma série de artigos [FR04a, SDR04, FR03a, BCMR03, DFRS03a, DFRS03b, DRS03, RM02]. Além disso, está sendo concluído um artigo englobando todos os resultados referentes a verificação de gramáticas de grafos com as provas formais que será submetido a um periódico da área (Science of Computer Programming).
3. **Projeto e implementação do módulo de animação:** Esta atividade consiste em usar a ferramenta GenGEd para gerar animações gráficas para os sistemas especificados. A interface entre o PLATUS e o GenGEd foi definida e está em fase de implementação. Esta atividade está sendo realizada em cooperação com o Prof. Hartmut Ehrig e a Dra. Roswitha Bardohl (Universidade Técnica de Berlim/Alemanha). Está sendo escrito um artigo intitulado: “A Formal Framework for the Design and Animation

- of Concurrent Object-Based Systems” sobre a integração destas ferramentas que será submetido para um periódico da área.
4. **Geração de código correto:** Já existe no PLATUS uma descrição informal de como gerar código para uma determinada especificação. Pretendemos provar que o código gerado se comporta como a especificação. Para isso, está sendo estudado qual o nível de abstração adequado para mostrar essa equivalência, e conseqüentemente quais modelos semânticos devem ser utilizados. Este trabalho está sendo realizado em cooperação com os Profs. Dr. Andrea Corradini, da Universidade de Pisa (Itália) e Dr. Fernando Luís Dotti (PUCRS). Resultados iniciais foram publicados em [CDFR04];
 5. **Herança:** Até o momento, apesar de utilizarmos um estilo baseado em objetos para construir as especificações, o conceito de herança não pôde ser utilizado. Por questões práticas, incluir essa possibilidade no desenvolvimento de especificações é bastante importante. Essa atividade consiste na investigação de maneiras como os concitos de herança e polimorfismo podem ser incluídos no formalismo utilizado, sem perder a possibilidade de verificar propriedades, gerar código correto, etc. Este trabalho está sendo realizado como tese de doutorado da aluna Ana Paula Luedtke Ferreira (que tem previsão de defesa para agosto de 2004). Alguns resultados foram publicados em [FR04b], [FR04c] e [FR03b];
 6. **Estudos de caso:** Além de estudos de caso envolvendo sistemas de software distribuídos, estamos estudando a possibilidade de usar o formalismo e ferramentas desenvolvidas para a área de Bioinformática. Estão sendo consideradas aplicações na área de computação com DNA ([CR03], [MRK03a] e [MRK03b]) e na área de modelagem de vias metabólicas [PR04].
 7. **Manutenção das páginas do projeto;**
 8. **Extensão das ferramentas existentes:** Nesta fase, foram realizadas melhorias no editor e simuladores, bem como a integração com a base de dados;
 9. **Construção de novas ferramentas:** está em fase de especificação a ferramenta de verificação (ou seja, o tradutor automático para PROMELA, que implementa as definições formais feitas na atividade 2).

IV - Relacione os principais fatores negativos e positivos que interferiram na execução do projeto.

Positivos:

- Cooperação com vários pesquisadores em temas relacionados ao trabalho. Considero essa cooperação fundamental para a obtenção de resultados de qualidade. Essa cooperação também influencia positivamente o trabalho dos alunos, motivando-os e mostrando a eles pontos de vista diferentes.
- As críticas positivas da comunidade científica em relação aos novos conceitos propostos pelo projeto estimularam bastante a nossa pesquisa.

Negativos:

- A falta de editais dos órgãos de fomento para adquirir novos equipamentos, bibliográficas atualizadas e realizar missões científicas. A questão dos equipamentos começa a ser crítica para o projeto, pois para realizarmos estudos de caso mais realistas usando verificadores automáticos, são necessários computadores com grande poder de processamento e que possam ser usados com dedicação quase exclusiva para o projeto durante a realização dos estudos de caso.

V - Formação de Recursos Humanos para a Pesquisa - preencha o quadro abaixo, informando o número de orientandos no período:

Modalidade	Iniciação Científica - IC		Aperfeiçoamento AP	Mestrado (***) M	Doutorado (**) D	TOTAL
	PIBIC	QUOTA AO PESQUISADOR				
Situação quanto a apoio						
CNPq		1		3	2	6
CAPES						
Outras(*)						
Sem-bolsa				1	2	3
TOTAL		1		4	4	9

(*) Informar a agência/empresa financiadora

(**) Para o nível de Doutorado informar nome do(s) orientando(s) atual(ais), título e situação da tese (em andamento, concluída, data da aprovação) no período:

(***) Para Mestrado, informar apenas os dados (nome do(s) orientando(s), título da dissertação e datada de defesa ou previsão) das dissertações concluídas.

(**)

Ana Paula Luedtke Ferreira:

Título: Gramáticas de grafos orientadas a objetos

Situação da tese: em andamento.

Defesa prevista: 08/2004

Luciana Foss:

Título: Ainda não definido.

Área: verificação de propriedades de gramáticas de grafos

Situação da tese: em andamento.

Defesa prevista: 12/2006

Marcelo Cezar Pinto:

Título: Ainda não definido.

Área: modelagem de vias metabólicas usando gramáticas de grafos

Situação da tese: em andamento.

Defesa prevista: 12/2005

Aline Brum Loreto:

Título: Ainda não definido.

Área: Computação intervalar e complexidade de algoritmos

Situação da tese: em andamento.

Defesa prevista: 12/2005

(***)

Cristiane Mashuda

Título: Computação com DNA para resolução de problemas de otimização

Defesa prevista: 08/2004

Luciana Foss:

Título: Uma tradução de gramáticas de hipergrafos baseados em objetos para cálculo-pi

Defesa: 03/2003

Izi Sena:

Título: Composição de gramática de grafos

Defesa prevista: 02/2005

Leonardo Michelin:

Título: Gramática de grafos temporizadas

Defesa prevista: 12/2005

VI - Relacionar outras formas de apoio ao projeto de pesquisa nos 2 (dois) últimos anos, incluindo a obtenção de auxílios junto a órgãos de fomento nacionais, internacionais ou estrangeiros.

- Projeto : IQ-Mobile II
Financiamento: Cooperação internacional CNPq/CNR
Forma de apoio: 04 missões científicas entre Brasil e Itália
- Projeto : DACHIA
Financiamento: Cooperação internacional FAPERGS/BMBF
Forma de apoio: 04 missões científicas entre Brasil e Itália
- ◆ Auxílio para participação em evento:
Pesquisador: Leila Ribeiro
Evento: FMOODS'2003
Local: Paris, França
Data: Novembro de 2003.
Financiamento: CNPq (passagem e diárias), Instituto de Informática/UFRGS (inscrição).

VII - Contatos Nacionais e Internacionais efetivamente ocorridos em função do projeto, como: convênios, pesquisadores visitantes, etc.

NOME	ESPECIALIDADE	INSTITUIÇÃO	PAÍS	TIPO DE COLABORAÇÃO
Fernando Luís Dotti	Sistemas distribuídos	PUCRS	Brasil	Reuniões científicas/

				Confecção de artigos
Rosi Bardohl	Visualização/ Animação	Universidade Técnica de Berlim	Alemanha	Pesquisadora visitante/Confecção de artigos
Hartmut Ehrig	Gramáticas de Grafos	Universidade Técnica de Berlim	Alemanha	Reuniões científicas
Ugo Montanari	Concorrência	Universidade de Pisa	Itália	Pesquisador visitante/ Reuniões científicas/ Confecção de artigos
Andrea Corradini	Modelos semânticos/ Java	Universidade de Pisa	Itália	Reuniões científicas/ Confecção de artigos
Paolo Baldan	Semântica de concorrência	Universidade Foscardi Veneza	Itália	Pesquisador visitante/ Reuniões científicas/ Confecção de artigos
Barbara König	Verificação	Universidade de Stuttgart	Alemanha	Pesquisador visitante

Os seguintes projetos de cooperação internacional relacionados ao tema do projeto PLATUS foram aprovados:

IQ-Mobile II- Improving the Quality of Open Systems with Code Mobility through Rigorous Development

Parceiros: UFRGS, PUCRS, UFBA, Universidade de Pisa (Itália) e CNR (Itália)

Financiamento: Cooperação internacional CNPq/CNR

Duração: 2003-2004

Coordenadores: Leila Ribeiro (UFRGS), Andrea Corradini (Universidade de Pisa)

Dachia- Modeling, analysis and development of an approach for the construction of high-quality internet applications based on visual languages and formal methods

Parceiros: UFRGS, PUCRS, Universidade Técnica de Berlim (Alemanha), Universidade de Stuttgart(Alemanha)

Financiamento:Cooperação internacional FAPERGS/BMBF

Duração: 2003/2004

Coordenadores: Leila Ribeiro,(UFRGS), Hartmut Ehrig (Universidade Técnica de Berlim)

Nos projetos citados acima são financiadas apenas missões científicas (projetos de cooperação internacional) .

VIII - Informe os trabalhos publicados e/ou aceitos para publicação no período, relacionados com o projeto em pauta: livros, capítulos de livros, artigos em periódicos nacionais e internacionais, etc. Não incluir resumos em congressos, reuniões científicas e semelhantes. Use as indicações em anexo para o registro de cada trabalho. Anexe separatas dos trabalhos publicados.

- Indicar claramente entre os autores dos trabalhos, quando for o caso, os bolsistas formais de IC, AP, M, D.

(se necessário, use folha extra)

Período: Agosto de 2002 até Junho de 2004.

[FR04a] FOSS, L. (D), RIBEIRO, L.
A Translation from Object-Based Hypergraph Grammars into π -Calculus. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. , v.95, p.245 - 267, 2004.

[FR04b] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L.
A graph-based semantics for object-oriented programming constructs. Electronic Notes in Theoretical Computer Science, 2004. Aceito para publicação (volume especial contendo artigos do CTCS 2004 - Category Theory and Computer Science).

[SDR04] SANTOS, O. M., DOTTI, F. L., RIBEIRO, L.
Verifying Object-Based Graph Grammars. Electronic Notes in Theoretical Computer Science. , 2004. Aceito para publicação no volume de artigos do GT-VMT 2004 - International Workshop on Graph Transformation and Visual Modeling Techniques.

[FR04c] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L.
Derivations in object-oriented graph grammars. In: International Conference on Graph Transformation, 2004, Roma, Itália. **Proceeding of the 2nd International Conference on Graph Transformation (ICGT 2004).** Springer, 2004. Lecture Notes in Computer Science. Aceito para publicação.

[PR04] PINTO, M. C. (D), RIBEIRO, L.
Modeling Metabolic and Regulatory Networks using Graph Transformations. In: Workshop on Petri nets and Graph Transformations, 2004, Roma, Itália. **Proceedings of the Workshop on Petri nets and Graph Transformations (PNGT 2004),** 2004. Aceito para publicação.

[CDFR04] CORRADINI, A., DOTTI, F. L., FOSS (D), L., RIBEIRO, L.
Translating Java code to graph transformation systems. In: International Conference on Graph Transformation, 2004, Roma, Itália. **Proceeding of the 2nd. International Conference on Graph Transformation (ICGT 2004).** Springer, 2004. Lecture Notes in Computer Science. Aceito para publicação.

[FR03a] FOSS, L. (D), RIBEIRO, L.
A translation of object-based hypergraph grammars into π -calculus. In: 6th Workshop on Formal Methods, 2003, Campina Grande. **WMF'2003 - 6th Workshop on Formal Methods.** , 2003. p.1 - 16

- [Foss03] FOSS, L. (D)
Uma tradução de gramáticas de hipergrafos baseados em objetos para cálculo- π . Dissertação de mestrado. UFRGS/PPGC, 2003.
- [MRK03a] MASHUDA, C. R. Y., RIBEIRO, L., KIST, T. B. L.
Algoritmo molecular utilizando fluoroforos para resolução do problema do caixeiro viajante. In: Conferência Latino Americana de Informática, 2003. **Anais da XXIX Conferencia CLEI' 2003**, 2003.
- [MRK03b] MASHUDA, C. R. Y., RIBEIRO, L., KIST, T. B. L.
Computação com DNA para resolução de problemas de otimização In: Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação, 2003, Paraná. **Anais da XI Escola Regional de Informática da Sociedade Brasileira de Computação**, 2003.
- [BCMR03] BALDAN, P., CORRADINI, A., MONTANARI, U., RIBEIRO, L.
Correflective concurrent semantics for single pushout graph grammars. In: 16th International Workshop on Algebraic Development Techniques, 2002, Frauenchiemsee. **Recent Trends in Algebraic Development Techniques**. Springer, 2003. Lecture Notes in Computer Science, v.2755. p.165 - 184.
- [DFRS03a] DOTTI, F. L., FOSS (D), L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M.
Especificação e verificação formal de sistemas distribuídos In: 17o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software, 2003, Manaus. **17o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software**, 2003. p.225 - 240.
- [DRS03] DOTTI, F. L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M.
Specification and analysis of fault behaviors using graph grammars In: Application of Graph Transformation with Industrial Relevance, 2003, Charlottesville. **AGTIVE'2003 - Applications of Graph Transformation with Industrial Relevance**. Springer, 2003. Lecture Notes in Computer Science, v.3062. p.120 - 133.
- [FR03b] FERREIRA, A. P. L., RIBEIRO, L.
Towards object-oriented graphs and grammars In: 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems, 2003, Paris. **FMOODS'2003 - 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems**. Springer, 2003, Lecture Notes in Computer Science.
- [DFRS03b] DOTTI, F. L., FOSS (D), L., RIBEIRO, L., SANTOS, O. M.
Verification of distributed object-based systems In: 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems, 2003, Paris. **FMOODS'2003 - 6th IFIP International Conference on Formal Methods for Open Object-based Distributed Systems**. Springer, Lecture Notes in Computer Science, 2003.

[CR03] CERVO, L. V., RIBEIRO, L.
DNA-based modeling of parallel algorithms In: I Worksop Brasileiro de Bioinformática, 2002, Gramado. **WOB 2002 - I Workshop Brasileiro de Bioinformática.**, 2002. p.16 - 23.

[LRT02] LORETO, A. B., RIBEIRO, L., TOSCANI, L. V.
Decidability and tractability of a problem in object-based graph grammars In: 17th IFIP World Computer Congress - Theoretical Computer Science, 2002, Montreal. **Proc. of TCS 2002 - Theoretical Computer Science.** Kluwer, 2002. p.396 - 408.

[RM02] RIBEIRO, L., MONTANARI, U.
Linear ordered graph grammars and their algebraic foundations In: International Conference on Graph Transformation ICGT 2002, 2002, Barcelona, Espanha. **Graph Transformation.** Springer, 2002. Lecture Notes in Computer Science, v.2505. p.317 - 333.

IX - Patente ou registro de invenção ou técnica (informar o título, se a patente é nacional, internacional ou “joint ventures” e outros dados que julgar adequados):

X - Informe outras atividades científicas/administrativas que julgar pertinentes no período: organização de ou participação em eventos científicos, consultorias, assessorias a órgãos de fomento ou a outras instituições, participação em colegiados, bancas de doutorado ou concursos públicos):

- Citar premiações científicas obtidas em função do desenvolvimento da pesquisa (título do prêmio, quem outorgou, data, local); honrarias acadêmicas;
(se necessário use folha extra)

- Membro do Comitê de Programa do 2nd International Conferenc on Graph Transformation (ICGT 2004), Roma, 2004.
- Membro do Comitê de Programa do I Simpósio Brasileiro de Métodos Formais (SBMF 2004), Recife, 2004.
- Membro do Comitê de Programa do Workshop Brasileiro de Bioinformática (WOB 2004), Brasília, 2004.
- Membro do Comitê de Programa do Workshop de Teses e Dissertações em Engenharia de Software (WTDES 2004), Brasília, 2004.
- Membro do Comitê de Programa da Sessão de Ferramentas do SBES 2004, Brasília, 2004.
- Membro do Comitê de Programa do 18o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software(SBES2004), Brasília, 2004.
- Presidente da Comissão Especial de Engenharia de Software (CEES) da Sociedade Brasileira de Computação, 2003.

- Membro do Comitê de Programa do 17o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software(SBES2003), Manaus, 2003.
- Presidente do Comitê de Programa e do Comitê de Organização do 16o. Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES2002), Gramado, de 16 a 18 de Outubro de 2002.
- Membro do Comitê de Programa do I Workshop Brasileiro de Bioinformática (WOB 2002), Gramado, em 18 de Outubro de 2002.