

8

Levantamento do Ensino de PAD no RS

Simone Pereira Ferreira (UFRGS, simonepf@inf.ufrgs.br)¹

Tiarajú Asmuz Diverio (UFRGS, diverio@inf.ufrgs.br)²

Philippe Olivier Alexandre Navaux (UFRGS, navaux@inf.ufrgs.br)³

Resumo:

Este trabalho apresenta um levantamento do ensino de Processamento de Alto Desempenho (PAD) nas universidades do estado do Rio Grande do Sul, possibilitando uma visão das disciplinas relacionadas a PAD existentes nos cursos da área da computação nas universidades gaúchas. São relacionadas as disciplinas que fornecem os requisitos e as disciplinas que contêm os conteúdos de PAD nos diferentes currículos (universidades, ACM/IEEE, Diretrizes Curriculares do MEC e de Referência (CR 99) da SBC), são feito também, comparações entre as ementas dessas disciplinas. Por fim, apresenta-se a proposta de duas disciplinas a serem incluídas nos currículos de Bacharelado em Ciência da Computação, são elas: *Arquiteturas Paralelas e Programação Paralela e Distribuída*. Sugere-se, nesse trabalho, outras disciplinas, as quais podem estar inseridas ou distribuídas dentro de disciplinas já existentes.

¹ Mestranda junto ao Curso de Mestrado em Ciência da Computação do PPGC da UFRGS. Especialista em Ciência da Computação (1999) e Bacharel em Análise de Sistemas (1996) pela UCPel. Professora do CEM FEEVALE. Áreas de Interesse: Fundamentos da Computação e Processamento de Alto Desempenho.

² Doutor em Ciência da Computação e Mestre em Ciência da Computação junto ao PPGC da UFRGS. Licenciado em Matemática pela UFRGS. Professor e Pesquisador do Instituto de Informática da UFRGS. Orientador de Mestrado e Doutorado do PPGC da UFRGS. Editor da Série Livros Didáticos do Instituto de Informática da UFRGS. Áreas de Interesse: Teoria da Computação, Fundamentos da Computação, Processamento de Alto Desempenho e Matemática da Computação.

³ Doutor em Informática pelo INPG, Universidade de Grenoble, França (1979) na área de Arquiteturas de Computadores. Mestre em Física Aplicada no Instituto de Física da UFRGS (1973) e Engenheiro Eletrônico pela Escola de Engenharia da UFRGS (1970). Professor do Programa de Pós-Graduação em Computação do Instituto de Informática da UFRGS, atuando na área de Arquitetura de Computadores e Processamento de Alto Desempenho, orientador de doutorado e mestrado desde o início dos cursos. Áreas de Interesse: Processamento de Alto Desempenho e Arquiteturas de Computadores.

8.1. Introdução

Este trabalho inicia com um levantamento das disciplinas existentes nos cursos de graduação da área da computação no Estado do Rio Grande do Sul. Esse levantamento se estendeu aos currículos propostos pela ACM/IEEE (2001), pela SBC (currículo de referência CR99) e pelas diretrizes curriculares do MEC. Prossegue-se no levantamento das disciplinas que fornecem os requisitos e/ou ministram conteúdos relacionados à área de Processamento de Alto Desempenho (PAD), para uma análise comparativa das ementas dessas disciplinas.

A seguir são propostas algumas disciplinas para o Bacharelado em Ciência da Computação para, com isso, fomentar o ensino e pesquisa de PAD no Estado.

A motivação e inspiração desse trabalho foram o Livro Verde [TAK00], em especial no Relatório [GTP00], onde se tentou mapear a área de PAD no Brasil, mas infelizmente, não se conseguiram as informações necessárias sobre o ensino e pesquisa nas instituições de ensino. Dificuldade essa, também encontrada aqui, mas, em parte, contornada pela ação da Comissão Regional de Alto Desempenho (CRAD RS).

O texto inicia com a apresentação do currículo de referência da SBC, CR99, onde são identificadas e enumeradas as disciplinas relacionadas a PAD. Elas são divididas por áreas. Apresentam-se as disciplinas das áreas de Fundamentos da Computação e Tecnologia da Computação. Destacam-se as disciplinas relacionadas a PAD, através da descrição das ementas.

A seguir, apresentam-se, resumidamente, as diretrizes curriculares do MEC, objetivando mostrar o PAD na visão do MEC. Novamente, são apresentadas somente as diretrizes relacionadas a PAD. Prossegue-se o trabalho, apresentando a proposta de currículo elaborada pela ACM e pela IEEE. Esses relatos, visam dar uma normalização sobre os currículos da área da computação. Com isso, apresentam-se os currículos de cursos de computação (graduação e pós) da UFRGS, da PUCRS, da UNISINOS e da UFSM. Apresentam-se, ainda, os currículos de Bacharelado da UFPel, da UCPel, da ULBRA, da UPF, da UNILASALLE, da UCS, da FURG, da URCAMP, da FEEVALE, da UNISC e UNICRUZ. Totalizam-se 15 dos 20 cursos (aproximadamente) existentes no Estado do Rio Grande do Sul.

Uma vez apresentados os 75% dos cursos do Estado, passa-se a analisar as ementas das disciplinas: de fundamentos teóricos, de arquiteturas de computadores, de arquiteturas paralelas, de sistemas operacionais, de sistemas distribuídos, de programação paralela e distribuída, de avaliação de desempenho e de outras disciplinas relacionadas (como por exemplo: tolerância a falhas, redes de computadores e banco de dados distribuídos).

Como resultado, apresenta-se proposta de disciplinas, as quais deveriam ser introduzidas nos currículos de cursos de graduação, visando proporcionar uma formação atual, baseada na ciência e não apenas na tecnologia, o que proporcionaria fortalecimento da área de PAD.

8.2. PAD no currículo de referência da SBC

Dentro do CR99 [SBC 99] são apresentadas duas matérias que são de interesse para a área de PAD: *Fundamentos da Computação* e *Tecnologia da Computação*. Essas duas são desdobradas em disciplinas. Nesse trabalho são relacionadas somente as disciplinas que estão relacionadas com PAD. Cabe lembrar que a proposta desse currículo foi apresentada em 1999.

8.2.1 Fundamentos da computação

Dentre as disciplinas da matéria de fundamentos da computação, foram identificadas, quatro disciplinas diretamente relacionadas a PAD e quatro outras disciplinas relacionadas indiretamente. A seguir, apresentam-se as ementas das disciplinas diretamente relacionadas:

- **Arquitetura de computadores (F1):** Sistemas numéricos. Aritmética binária: ponto fixo e flutuante. Organização de computadores: memórias, unidades centrais de processamento, entrada e saída. Linguagens de montagem. Modos de endereçamento, conjunto de instruções. Mecanismos de interrupção e de exceção. Barramento, comunicações, interfaces e periféricos. Organização de memória. Memória auxiliar. Arquiteturas RISC e CISC. Pipeline. Paralelismo de baixa granularidade. Processadores superescalares e superpipeline. Multiprocessadores. Multicomputadores. Arquiteturas paralelas e não convencionais.
- **Projeto e análise de algoritmos (F6):** Medidas de complexidade, análise assintótica de limites de complexidade, técnicas de prova de cotas inferiores. Exemplos de análise de algoritmos iterativos e recursivos. Técnicas de projeto de algoritmos eficientes. Programação dinâmica. Algoritmos probabilísticos;
- **Sistemas operacionais (F8):** Conceitos de processos. Concorrência. Sincronização de processos. Gerenciamento de memória. Memória virtual. Escalonamento de processos. Monoprocessamento e multiprocessamento. Alocação de recursos e *deadlocks*. Gerenciamento de arquivos. Técnicas de e/s. Métodos de acesso. Arquitetura de sistemas cliente-servidor. Análise de desempenho;
- **Técnicas de programação (F9):** Desenvolvimento de algoritmos. Tipos de dados básicos e estruturados. Comandos de uma linguagem de programação. Metodologia de desenvolvimento de programas. Modularidade e abstração.

As demais disciplinas identificadas como indiretamente relacionadas são: estrutura de dados (F3), linguagens de programação (F5), pesquisa e ordenação (F7) e teoria dos grafos (F10). As ementas dessas disciplinas podem ser encontradas em [SBC99].

8.2.2 Tecnologia da computação

Dentro da área de tecnologia foram identificadas três disciplinas diretamente relacionadas, as quais abrangem com programação paralela, sistemas distribuídos e avaliação de desempenho. Suas ementas são:

- **Modelagem e avaliação de desempenho (T11):** Abordagens para avaliar desempenho de sistemas: aferição (coleta de dados, benchmarks) e modelagem

matemática. Paradigmas de modelagem: processos estocásticos, redes de filas, redes de Petri, *statecharts*. Tipos de modelos: determinísticos e estocásticos, estáticos e dinâmicos. Soluções aplicáveis aos modelos discretos: analíticas e numéricas. Simulação de sistemas discretos: orientados a eventos, processos e atividades. Simulação distribuída. Geração de valores aleatórios. Linguagens e ferramentas de simulação. Análise dos resultados de uma simulação;

- **Programação paralela** (T14): Teoria do paralelismo. Modelos intercalados: sistemas de transição. Árvores de sincronização. Linguagens: traços de *Hoare*. Modelos não-intercalados: traços de *Mazurkiewicz*. Estruturas de eventos. Relacionamento entre os modelos. Modelo PRAM. Vetorização. Conceitos básicos de arquiteturas distribuídas. Tipos e motivação para aplicações distribuídas. Primitivas básicas de programação distribuída: controle de tarefas, comunicação e sincronização. Características básicas das primitivas. Tipos de linguagens e programas. Conceitos básicos de avaliação de desempenho e complexidade de programas paralelos. Depuração e monitoração de programas paralelos. Paralelização automática. Algoritmos clássicos de programação paralela;
- **Sistemas distribuídos** (T17): Problemas básicos em computação distribuída: coordenação e sincronização de processos, exclusão mútua, difusão de mensagens. Compartilhamento de informação: controle de concorrência, transações distribuídas. Comunicação entre processos. Tolerância a falhas. Sistemas operacionais distribuídos: sistemas de arquivos, servidores de nomes, memória compartilhada, segurança, estudo de casos.

Já disciplinas indiretamente relacionadas, foram identificadas cinco. Algumas destas disciplinas referem-se a conteúdos básicos necessários (pré-requisitos aconselhados) como: métodos formais (T10), compiladores (T3), banco de dados (T1), redes de computadores (T15) e, até mesmo, tolerância a falhas (T18). Mas essas disciplinas, também podem ser abordadas como no âmbito do PAD, ou seja como aplicações, especialmente banco de dados e redes de computadores.

Observa-se que, nesse currículo de referência, foi incluída a disciplina de métodos formais, que pode e deve auxiliar na especificação dos algoritmos paralelos e sistemas distribuídos. Acredita-se que a inclusão dessa disciplina em 1999, foi ação inovadora, que infelizmente, pouco dos cursos de graduação seguiram, como pode ser verificado na seção 8.5.

8.3. Ensino de PAD na visão do MEC

O Ministério da Educação e Cultura (MEC) propôs as diretrizes básicas [MEC99] para os Cursos da área da Computação. Nesta estrutura curricular, não está previsto, explicitamente, o ensino de Processamento de Alto Desempenho. Vários conteúdos de processamento paralelo e distribuído e de alto desempenho aparecem nos objetivos e definições de algumas matérias. Na fig. 8.1, apresenta-se a estrutura curricular proposta nas diretrizes curriculares para os cursos da área de computação.

Ao contrário da SBC, o MEC não faz proposta direta de ementas para as disciplinas, e sim, apresenta objetivos e descrições das matérias, juntamente com a justificativa de sua importância no ensino dos quatro cursos da área de computação, por

eles definidos, que são o Bacharelado em Ciência da Computação, Bacharelado em Análise de Sistemas, Licenciatura em Informática e Engenharia da Computação.

Área de formação básica	
	Ciência da Computação
	Programação
	Computação e Algoritmos
	Arquitetura de Computadores
	Matemática
	Física e Eletricidade
	Pedagogia
Área de formação tecnológica	
	Sistemas Operacionais, Redes de computadores e Sistemas Distribuídos
	Compiladores
	Banco de Dados
	Engenharia de Software
	Sistemas Multimídia, Interface Homem-Máquina e Realidade Virtual
	Inteligência Artificial
	Computação Gráfica e Processamento de Imagens
	Prática do Ensino de Computação
Área de formação complementar	
Área de formação humanística	

Figura 8.1– Diretrizes curriculares do MEC - matérias dos cursos de computação

Implicitamente, o processamento de alto desempenho pode estar contido, dentro do contexto de formação básica, em Programação, em Computação e Algoritmos e em Arquiteturas de Computadores. Também, pode-se pensar em processamento de alto desempenho na formação tecnológica nas matérias de Compiladores, de Banco de Dados, de Sistemas Operacionais e de Redes de Computadores, como pode ser verificado nas propostas de planos pedagógicos apresentados em [NUN00]. Mas, nada está mais explícito do que Sistemas Distribuídos.

Antes de se fazer inferências da inclusão ou não de PAD nas diretrizes, cabe apresentar os objetivos e justificativas que compõem essas diretrizes.

Portanto, nas Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática [MEC99], pode-se encaixar o ensino da computação concorrente dentro das áreas de:

- **Programação.** “...Portanto o estudo de programação não se restringe ao estudo de linguagens de programação. As linguagens de programação constituem-se em uma ferramenta de concretização de software, que representa o resultado da aplicação de uma série de conhecimentos que transformam a especificação da solução de um problema em um programa de computador que efetivamente resolve aquele problema.” [MEC99, p. 6].
- **Computação e algoritmos.** “... O estudo dos algoritmos e modelos de computação permite abordar as seguintes questões fundamentais: quais são os limites teóricos do que pode e do que não pode ser resolvido através dos computadores (ou seja, o que é computável)? Dentro daquilo que é computável, quais são os algoritmos e estruturas de dados mais eficientes? Como caracterizar a eficiência (ou complexidade) dos algoritmos? Como se pode projetar e analisar um algoritmo eficiente? Deve-se notar que o alto nível abstrato em que esses estudos são feitos proporciona conclusões que transcendem a evolução tecnológica vertiginosa pela qual estão passando os computadores modernos.

O estudo dos aspectos sintáticos e semânticos das linguagens formais é fundamental para a atividade de programação, uma vez que todas as linguagens de programação são linguagens formais. Além disso, existem na computação diversas outras situações que usam linguagens formais. Um bom exemplo é o conceito de expressão regular, que aparece com frequência em processamento de textos. ... [MEC99, p. 6-7].

- **Arquitetura de computadores.** *“... O conhecimento desta área é fundamental não apenas para aqueles que vão projetar novos computadores, mas também para aqueles que os utilizarão ...”*

“... Técnicas utilizadas como buferização de instruções, pipeline e outras estão aqui incluídas”

“A otimização de uma arquitetura requer familiaridade com técnicas de áreas específicas, como a avaliação de desempenho, sistemas operacionais, técnicas e sistemas digitais e concepção de circuitos.” [MEC 99, p. 7].

- **Sistemas operacionais.** *“... O gerenciamento de processos envolve conceitos de comunicação, sincronização, escalonamento, resolução de conflitos e troca de contexto. ... O gerenciamento de arquivos envolve conceitos sobre diretórios, estrutura de endereçamento e acesso, segurança, compartilhamento (concorrência) e proteção ...”* [MEC99, p. 9].

- **Sistemas distribuídos.** *“... As principais questões a serem abordadas na área de sistemas distribuídos dizem respeito a algoritmos distribuídos, sistemas operacionais e kernels, ambientes de programação e linguagens, confiabilidade (tolerância a falhas e segurança de dados), base de dados, sistemas multimídias, sistemas de tempo real (com aplicações, por exemplo, em automação industrial, robótica, aviônica e eletrônica automotiva.). ...”* [MEC99, p. 10].

Essas matérias foram divididas em disciplinas durante o II Curso de Qualidade, ocorrido na reunião anual da SBC de Curitiba, em 2000. Nesse evento, foram apresentadas propostas de planos pedagógicos para cada matéria, como por exemplo, para a matéria de Sistemas Distribuídos [GEY00]. Geyer *et. al.* propõem oito disciplinas para a matéria de sistemas distribuídos, são elas: sistemas operacionais distribuídos, algoritmos distribuídos, ambientes e linguagens para programação distribuída, banco de dados distribuídos, métodos formais para concepção de sistemas distribuídos, sistemas distribuídos de tempo real, tolerância a falhas em sistemas distribuído e processamento paralelo. Foram, ainda, propostas outras disciplinas como organização de computadores e arquiteturas avançadas de computadores por Weber *et. al.* [WEB00].

Observa-se que as matérias podem ser consideradas como requisitos e também como aplicações de processamento de alto desempenho, dependendo da abordagem dada. Por fim, o enfoque no segundo Curso de Qualidade foi sistemas distribuídos, o que, em parte, limita o uso das idéias ali lançadas para servir de base a esse levantamento. Mas, sem dúvida, a contribuição foi de grande valia.

Já no terceiro Curso de Qualidade, que ocorreu em Fortaleza (julho de 2001), o enfoque foi de reunir a experiência de mais de um grupo (instituição) em propostas de planos pedagógicos para os cursos da área de computação. Constam nos anais, um plano para o Curso de Engenharia da Computação, três propostas de planos para o Bacharelado em Sistemas de Informação, dois para Licenciatura em Computação e dois planos para o Bacharelado em Ciência da Computação [NUN2001]. Nessas propostas são descritas disciplinas que constituem a grade curricular de cada curso e são mapeadas entre as matérias das diretrizes curriculares. Por exemplo, são propostas para o Bacharelado em Sistemas de Informação as disciplinas de: organização e arquitetura de computadores, sistemas operacionais, sistemas distribuídos e tópicos especiais em sistemas distribuídos. Para o curso de Bacharelado em Ciência da Computação, em um

dos planos pedagógicos, é proposto "*dois perfis, um teórico-formal e outro aplicado, que julgamos, são representativos, enfatizam os aspectos de ciência desses cursos e estão sendo valorizados e requisitados atualmente: perfil teórico formal e perfil de redes e processamento distribuído*" [NUN2001, p.336]. Observa-se que essa proposta é apoiada em conceitos que sustentam as tecnologias e não nelas próprias, pois é sabido que a tecnologia é sujeita a mudanças e evoluções. Nessa proposta, as disciplinas são divididas em núcleo e em perfis. A seguir são enumeradas algumas dessas disciplinas.

- **Núcleo.** *Concorrência e Algoritmos, Arquitetura de Computadores, Organização de Computadores, Redes de Computadores, Sistemas Operacionais, Métodos Formais, Complexidade de Algoritmos, Análise de Algoritmos;*
- **Perfil Teórico-Formal.** *Teoria dos Modelos; Teoria da Prova; Tópicos em Teoria das Categorias; Semântica Avançada de Linguagens de Programação; Compiladores Avançados; Especificação e Validação de Sistemas Concorrentes e de Tempo Real; Avaliação de Desempenho e Modelos de Concorrência;*
- **Perfil Redes e Processamento Distribuído.** *Protocolos de Comunicação; Comunicação de Dados; Programação Distribuída e Paralela, Sistemas de Banco de Dados Distribuídos; Gerência e Aplicações de Redes; Sistemas Operacionais Distribuídos e de Redes; Tolerância a Falhas; Segurança em Sistemas de Computação e Avaliação de Desempenho.*

Essa proposta é inovadora. Entretanto, observa-se que, em virtude da experiência dos autores, ela possui pontos que podem ser aperfeiçoados, por profissionais que atuam em PAD. Isto não invalida a proposta, antes mostra a tendência atual e a necessidade de se incluir disciplinas de PAD nos currículos dos cursos da área de computação e informática. Isso também se evidencia em currículos de outros países, como pode ser observado, a seguir, na proposta de currículo da ACM e IEEE.

8.4. PAD na proposta de currículo da ACM/IEEE

A ACM em conjunto com IEEE elaboraram uma proposta de currículo [ACM01] para os cursos da área da computação, denominada de "Curricula 2001". Nessa proposta aparecem matérias, disciplinas e conteúdos da área da computação paralela, distribuída e de alto desempenho. Nesta seção serão mostradas apenas as disciplinas diretamente relacionadas com a área.

Dentro da matéria algoritmo e complexidade aparecem os conteúdos de algoritmos distribuídos (obrigatório) e algoritmos paralelos (opcional). Na matéria Sistemas Operacionais: concorrência (obrigatória) e na Ciência da Computação: Computação de alto desempenho (opcional) [ACM01].

O currículo pode ser organizado de quatro formas diferentes: Tradicional (T), Comprimido (C), baseado em Sistemas (S) e baseado em Web (W). De acordo com a ênfase são escolhidas as disciplinas. Essa abordagem é que origina a letra após o código da disciplina. A inicial do código CS (*Computer Science*) refere-se ao curso de Ciência da Computação.

Na proposta de currículo as disciplinas são divididas em três níveis: básico, intermediário e avançado. No nível básico não há nenhuma disciplina na área. Nos demais níveis, as disciplinas oferecidas são apresentadas a seguir.

8.4.1 Disciplinas de nível intermediário

No nível intermediário configuram quatro disciplinas relacionadas a área de PAD. Elas abordam conteúdos de redes, arquitetura, sistemas operacionais e sistemas. A seguir são apresentadas as ementas dessas disciplinas. O nome das disciplinas foi mantido em Inglês (para evitar problemas com terminologia) mas os conteúdos são apresentados em Português.

- ***Architectures for Networking and Communication*** (Arquitetura para rede e comunicação, CS225W): Algoritmos distribuídos. Multiprocessamento e arquiteturas alternativas. Concorrência. Arquitetura para redes de sistemas distribuídos. Tolerância a falhas.
- ***Operating Systems*** (Sistemas operacionais, CS230{S,T}): Introdução. Concorrência. Exclusão mútua. Escalonamento. Gerência de memória. Periféricos. Sistemas de Arquivos. Proteção e Segurança.
- ***Introduction to Systems*** (Introdução a sistemas, CS231C): introdução a programação orientada a eventos. Sistemas operacionais. Concorrência. Escalonamento. Gerência de memória. Comunicação e Redes. Algoritmos distribuídos.
- ***Operating Systems and Networking*** (Sistemas operacionais e redes, CS232S): Sistemas operacionais (introdução, princípios e *design*). Gerência de processos. Gerência de memória. Periféricos. Introdução a concorrência. Introdução a redes e comunicações. Segurança e proteção.

8.4.2 Disciplina de nível avançado

No nível avançado, o *Curricula 2001*, apresenta apenas uma disciplina relacionada à área, que é concorrência e sistemas distribuídos, sua ementa é apresentada a seguir.

- ***Concurrency and Distributed Systems*** (Concorrência e sistemas distribuídos, CS334): Modelo concorrente de execução. Algoritmos concorrentes e distribuídos. Arquitetura. Avaliação de desempenho. Linguagens para sistemas concorrentes.

8.5. Ensino de PAD nas instituições gaúchas

A seguir é apresentado o levantamento que foi feito nas universidades: UFRGS, PUCRS, UNISINOS, UFSM, UFPEL, UCPEL, ULBRA, UPF, UNILASALLE, UCS, UNISC, FURG, URCAMP, UNICRUZ e FEVALE, quanto ao ensino de PAD, ou seja, relacionando disciplinas oferecidas pertencentes à área oferecidas. Observa-se que, essas universidades representam mais de 75% dos cursos da área de computação e informática do estado.

Esse levantamento foi feito a partir da coleta de dados (relação de disciplinas) nas páginas dessas universidades. Com base nos dados levantados foram projetados dois formatos de tabelas. No primeiro formato, colocaram-se os seguintes itens: os cursos, o número de professores trabalhando com PAD na instituição, os equipamentos e os ambientes de programação paralela, o link para a página do curso/universidade e os nomes das disciplinas oferecidas relacionadas à área. As disciplinas foram agrupadas em pseudo matérias, que são: fundamentos teóricos, arquitetura e organização de computadores, sistemas operacionais, sistemas distribuídos, programação paralela e distribuída, avaliação de desempenho e outras disciplinas onde se pode aplicar o alto

desempenho. As tabelas desse formato são: as tabelas 8.1 a 8.7. As células em branco nessas tabelas, (onde não aparecem disciplinas), não significam que tais disciplinas não sejam oferecidas, mas apenas que não se obteve tais informações.

Tabela 8.1 – O Ensino de PAD nas Universidades: UFRGS

UNIVERSIDADE	UFRGS Graduação Porto Alegre	UFRGS Pós-Graduação Porto Alegre
Cursos	Bacharelado em Ciência da Computação Engenharia da Computação	Mestrado em Ciência da Computação Doutorado em Ciência da Computação
Professores	10 professores	8 professores
Equipamentos p/ PAD	Cluster Myrinet/Fast Ethernet 10 proc Cluster SCI 8 proc, Cray no CESUP RS	Cluster Myrinet/Fast Ethernet 10 proc Cluster SCI 8 proc, Cray no CESUP RS
Ambientes de Programação Paralela	DECK, MPI, PThreads	DECK, MPI, PThreads
Web Page	http://www.inf.ufrgs.br/graduacao.htm	http://www.inf.ufrgs.br/pos/html/disciplinas.htm
Fundamentos Teóricos	INF01001 Especificação Formal N INF05515 Complexidade de algoritmos INF05003 Teoria da Computação Distribuída	CMP164 Paralelismo: algoritmos e complexidade CMP185 Teoria das Categorias e Sistemas Distribuídos, concorrentes e Comunicantes II
Arquitetura e Organização de Computadores	INF01107 Introd Arquit de Comp INF01108 Arquitetura e Org Comp I INF01112 Arquitetura e Org Comp II INF01113 Organização de Comp B INF01191 Arquit. Avançadas de Comp.	CMP135 Arquiteturas Especiais de Computadores
Sistemas Operacionais	INF01142 Sistemas Operacionais I INF01151 Sistemas Operacionais II INF01018 Sist. Oper. Distribuídos e Redes	
Programação Paralela e Distribuída	INF01008 Programação Distribuída e Paralela INF01120 Tec. Construção de Prog.	CMP134 Introdução ao Processamento Paralelo e Distribuído CMP157 Programação Paralela e Distribuída
Avaliação de Desempenho	INF01146 Avaliação de Desempenho	
Outras Disciplinas	INF01209 Fundam Tolerância a Falhas INF01154 Redes de Computadores N INF01014 Sist. Banco de Dados Dist.	

Tabela 8.2 – O Ensino de PAD nas Universidades: PUC RS

UNIVERSIDADE	PUC RS Graduação Porto Alegre	PUC RS Pós-Graduação Porto Alegre
Cursos	Bacharelado em Ciência da Computação	Mestrado em Ciência da Computação
Professores	6 professores	5 professores
Equipamentos p/ PAD	Cluster Myrinet/Fast Ethernet 19 proc. Cluster SCI: 5 proc.	Cluster Myrinet/Fast Ethernet 19 proc. Cluster SCI: 5 proc., Cluster Fast Ethernet 16 proc.
Ambientes de Programação Paralela	MPI, MDX	MPI, MDX, Treadmarks, PVM, Athapscan, DECK, Linda
Web Page	http://www.pucrs.br/inf	http://www.inf.pucrs.br
Fundamentos Teóricos		
Arquitetura e Organização de Computadores	46185 Arquitetura de Computadores I 46186 Arquitetura de Computadores II	Arquiteturas Paralelas Arquiteturas Paralelas Baseadas em Agregados (Cluster Computing) Sistemas Digitais e Arquitetura de Computadores
Sistemas Operacionais	46190 Sistemas Operacionais 46191 Sistemas Operacionais Distribuídos	Processamento Paralelo e Distribuído
Sistemas Distribuídos	46273 Tóp. Esp. Sistemas Distribuídos	Aspectos Avançados de Redes de Computadores
Programação Paralela e Distribuída	46177 Laboratório de Programação III 46181 Paradigmas de Linguagens I	Programação Distribuída Programação Paralela Tóp Esp Proc Paralelo e Distribuído I Tóp Esp Proc Paralelo e Distribuído II
Avaliação de Desempenho	46255 Simulação de Sistemas 46259 Avaliação Quantitativa de Sistemas 46290 Avaliação de Desempenho de Sistemas	Avaliação de Desempenho de Sistemas Simulação Discreta Métodos Analíticos
Outras Disciplinas		

Tabela 8.3 – O Ensino de PAD nas Universidades: UNISINOS

UNIVERSIDADE	UNISINOS Graduação São Leopoldo	UNISINOS Pós-Graduação São Leopoldo
Cursos	Bacharelado em Software Básico Bacharelado em Análise de Sistemas	Mestrado de Computação Aplicada
Professores	5 professores	3 professores
Equipamentos p/ PAD	Cluster Fast Ethernet 8 proc.	Cluster Fast Ethernet 8 proc
Ambientes de Programação Paralela	MPI, POSIX, Java, Athapscan, Cilk, PVM.	MPI, POSIX, Java, Athapscan, Cilk, PVM.
Web Page	http://inf.unisinos.br	http://inf.unisinos.br
Fundamentos Teóricos	60046 Teoria da Informação 60031 Teoria da Computação 60023 Paradigmas de Programação 65098 Estruturas Avançadas de Dados	
Arquitetura e Organização de Computadores	65057 Organização de Computadores 60255 Arquiteturas de Computadores 65110 Arquiteturas Avançadas de Computadores	Arquitetura e Organização de Computadores
Sistemas Operacionais	65063 Sistemas Operacionais I 65069 Sistemas Operacionais II	Sistemas Operacionais
Sistemas Distribuídos	65073 - Processamento Distribuído	Sistemas Distribuídos
Programação Paralela e Distribuída	60048 Programação Paralela e Distribuída 65073 Processamento Distribuído	Processamento de Alto Desempenho
Avaliação de Desempenho	65072 Simulação e Modelagem de Sistemas	
Outras Disciplinas	60039 Comunicação de Dados 60009 Redes de Computadores 60256 Administração e Gerência de Redes 60033 Banco de Dados II	

Tabela 8.4 – O Ensino de PAD nas Universidades: UFSM -UFPEL -UCPEL

UNIVERSIDADE	UFSM Graduação Santa Maria	UFPEL Graduação Pelotas	UCPEL Graduação Pelotas
Cursos	Bacharelado em Ciência da Computação	Bacharelado em Ciência da Computação	Bacharelado em Ciência da Computação Bacharelado em Análise de Sistemas
Professores	5 professores	4 professores	3 professores
Equipamentos p/ PAD	Cluster Fast Ethernet: 24 proc		Cluster Ethernet: 10 proc
Ambientes de Programação Paralela	Athapscan / MPI / LIBCM / CADEO		
Web Page	http://www.inf.ufsm.br/	http://www.ufpel.tche.br/ifm/cinfo/	http://esin.ucpel.tche.br
Fundamentos Teóricos			
Arquitetura e Organização de Computadores	Organizações Avançadas de Computadores	Arquitetura de Computadores II	053214 - Arquitetura e Organização de Computadores II
Sistemas Operacionais	Programação de Sistemas Sistemas Operacionais Sistemas Operacionais Distribuídos	Sistemas Operacionais I	
Sistemas Distribuídos	Sistemas Operacionais Distribuídos	100129 Sistemas Distribuídos	070015 Sistemas Distribuídos
Programação Paralela e Distribuída	Programação Paralela Sistemas Operacionais Distribuídos		053230 Programação Paralela e de Alto Desempenho 070024 Programação Distribuída
Avaliação de Desempenho			
Outras Disciplinas			

Tabela 8.5 - O Ensino de PAD nas Universidades: ULBRA-UPF- UNILASALLE

UNIVERSIDADE	ULBRA Graduação Canoas/Gravataí	UPF Graduação Passo Fundo	UNILASALLE Graduação Canoas
Cursos	Bacharelado em Ciência da Computação Sistemas de Informação	Bacharelado em Ciência da Computação	Bacharelado em Ciência da Computação
Professores	4 professores	4 professores	5 professores
Equipamentos p/ PAD	Cluster Beowulf: 5 proc	Cluster Beowulf: 30 proc. 2 PC servidor - bprocessado: 4 proc. Máquina paralela virtual heterogênea (sun, Intel, mac)	
Ambientes de programação Paralela	PVM, MPI, ZPL	MPI e pthreads	MPI, Pthreads
Web Page	http://www.ulbra.br http://www.ulbra.tche.br	http://www.upf.tche.br	http://inf.lasalle.tche.br
Fundamentos Teóricos		CCC030 Complexidade de Algoritmos	
Arquitetura e Organização de Computadores	204131 Arquitetura e Organização de Computadores I 204132 Arquitetura e Organização de Computadores II 204133 Arquitetura e Organização de Computadores III	CCC014 Arquitetura e Organização de Computadores I CCC015 Arquitetura e Organização de Computadores II	01016 Organização e Arquitetura de Computadores I 01017 Organização e Arquitetura de Computadores II
Sistemas Operacionais	204035 Sistemas Operacionais 204069 Fundamentos de Sistemas Operacionais 204076 Projeto de Sistemas Operacionais	CCC024 Sistemas Operacionais I CCC025 Sistemas Operacionais II	00685 Sistemas Operacionais I 00686 Sistemas Operacionais II
Sistemas Distribuídos	204139 Sistemas Distribuídos		00554 Sistemas Distribuídos I 00691 Sistemas distribuídos II
Programação Paralela e Distribuída		CCC031 Processamento Paralelo e Distribuído	00689 Tópicos Avançados de Programação
Avaliação de Desempenho			00691 Sistemas distribuídos II
Outras Disciplinas	204110 Redes de Computadores I 204115 Redes de Computadores II 204077 Projeto de Bancos de Dados 204103 Banco de Dados II	CCC017 Redes de Computadores I CCC018 Redes de Computadores II	

Tabela 8.6 – O Ensino de PAD nas Universidades: UCS – UNISC - FURG

UNIVERSIDADE	UCS Graduação Caxias do Sul	UNISC Graduação Santa Cruz do Sul	FURG Graduação Rio grande
Cursos			Engenharia de Computação
Professores	2 professores	2 professores	3 professores
Equipamentos p/ PAD	Pentium em rede linux 3 proc		30 computadores em rede (10Mbps)
Ambientes de programação Paralela			Todos os ambientes livres que executam sobre Linux (MPI, p.e.)
Web Page	http://www.ucs.tche.br	http://www.unisc.br	http://www.ecomp.furg.br
Fundamentos Teóricos			
Arquitetura e Organização de Computadores	Arquitetura Paralelas	2362 Arquitetura de Computadores.	
Sistemas Operacionais	Sistemas Operacionais	2350 Sistemas Operacionais I 2351 Sistemas Operacionais II	Sistemas Operacionais
Sistemas Distribuídos		2349 Sistemas Distribuídos	
Programação Paralela e Distribuída	Introdução a Programação Paralela Programação Paralela		Linguagens de Programação
Avaliação de Desempenho			
Outras Disciplinas	Concorrência		Redes de Computadores Tópicos Avançados em Computação II

Tabela 8.7– O Ensino de PAD nas Universidades: URCAMP–UNICRUZ-FEEVALE

UNIVERSIDADE	URCAMP Graduação Bagé	UNICRUZ Graduação Cruz Alta	FEEVALE Graduação Novo Hamburgo
Cursos	Informática		Ciência da Computação
Professores	2 professores	2 professores	4 professores
Equipamentos p/ PAD	Nenhum, porém há previsão de instalação de um cluster em 2002.		
Ambientes de programação Paralela	Nenhum.		
Web Page	http://www.urcamp.tche.br	http://www.unicruz.tche.br	http://www.feevale.br
Fundamentos Teóricos			
Arquitetura e Organização de Computadores	Arquiteturas de Computadores I Arquiteturas de Computadores II	Arquiteturas de Computadores II	Arquitetura de Computadores
Sistemas Operacionais	Sistemas Operacionais I Sistemas Operacionais II	Sistemas Operacionais II	Sistemas Operacionais
Sistemas Distribuídos	Sistemas Operacionais II	Sistemas Distribuídos	Sistemas Distribuídos
Programação Paralela e Distribuída			
Avaliação de Desempenho			
Outras Disciplinas			

No segundo formato de tabela, reuniram-se as informações das disciplinas/ementas por matéria e por universidade. Relacionam-se as disciplinas (com ementas) oferecidas na matéria em cada universidade. As tabelas desse formato são: as tabelas 8.9 a 8.16. Novamente, as universidades não relacionadas na tabela, não significam que disciplinas em tal matéria não sejam oferecidas, mas apenas que não se obteve a informação.

Elaboradas as tabelas, elas foram enviadas aos representantes da Comissão Regional de Alto Desempenho (CRAD RS) em cada universidade, solicitando que confirmassem as informações e completassem os dados. As tabelas apresentadas nesse trabalho são resultantes das informações obtidas.

O objetivo dessas tabelas é identificar as disciplinas que já são contempladas nas diferentes grades curriculares, para que se tenha condição de mapear as matérias e a quantidade de informação de PAD, que os egressos dos cursos de computação do estado possuem. Não se está interessado em avaliar ou comparar os currículos, mas identificar e discutir possibilidades pedagógicas de desenvolvimento de um conjunto de disciplinas de PAD, ou mesmo de uma (ou duas) disciplina(s) dependendo das características da universidade e do curso, tanto em termos de perfil do curso, de corpo docente, de disponibilidade de laboratórios, da necessidade do mercado da região e da comunidade.

Dentro dessa visão, buscou-se relacionar as ementas das disciplinas agrupadas em matérias. A completa caracterização da matéria é dada pela união dos conteúdos das disciplinas do universo tomado de universidades, interseccionando pelos temas de PAD, descritos pela SBC e pelo MEC. Essa caracterização foge do escopo desse trabalho.

8.6. Comparação dos conteúdos

Nesta seção são apresentadas tabelas com comparações das disciplinas por matérias nas universidades. A divisão foi feita de acordo com o apresentado na tab. 8.8. Nas tabelas 8.9 a 8.16 foram inseridos os nomes e as ementas das disciplinas existentes em cada uma das universidades mencionadas. Ressalta-se que a ausência de ementas de disciplinas em alguns cursos (universidade) não significa que tal disciplina não exista em seu currículo e sim que não se conseguiu a informação em tempo hábil.

Tabela 8.8 – Relação de matérias e disciplinas

MATÉRIAS	DISCIPLINAS
Fundamentos Teóricos (8.6.1)	Especificação Formal Métodos Formais Complexidade de Algoritmos Teoria da Computação Distribuída
Arquitetura e Organização de Computadores (8.6.2)	Introdução a Arquitetura Arquitetura I Arquitetura II Organização de Computadores
Arquiteturas Paralelas (8.6.3)	Arquiteturas Avançadas
Sistemas Operacionais (8.6.4)	Sistemas Operacionais I Sistemas Operacionais II Sistemas Operacionais Distribuídos
Sistemas Distribuídos (8.6.5)	Sistemas Distribuídos I Sistemas Distribuídos II
Programação Paralela e Distribuída (8.6.6)	Programação Paralela Programação Distribuída Técnicas de Programação
Avaliação de Desempenho (8.6.7)	Avaliação de Desempenho Processamento de Alto Desempenho
Outras Disciplinas (8.6.8)	Tolerância a Falhas Redes de Computadores Banco de Dados Distribuídos

8.6.1. Matéria: fundamentos teóricos

Dentro da matéria de fundamentos teóricos, buscou-se identificar as disciplinas que proporcionam os requisitos para a definição de concorrência, para especificação de algoritmos paralelos e distribuídos e para a análise da complexidade. As informações sobre essa matéria constam na tab. 8.9, infelizmente, têm-se apenas disciplinas de três universidades. Apesar da pequena amostra, percebe-se que disciplinas como complexidade de algoritmos e métodos formais fornecem parte da base teórica necessária. Isso também foi constatado nos Cursos de Qualidade [NUN00, NUN2001].

Tabela 8.9 – Ementas de fundamentos teóricos

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	<p>INF01001 ESPECIFICAÇÃO FORMAL N: Revisão matemática; métodos e linguagens; Classificação dos métodos formais; Especificações executáveis (prototipação); Apresentação e aplicação de métodos e linguagens de especificação formal: VDM, Z, CCS, CSP, OBJ, LOTOS, UNITY e outros.</p> <p>MÉTODOS FORMAIS</p> <p>INF05003 TEORIA DA COMPUTAÇÃO DISTRIBUÍDA: Modelos Intercalados. Sistemas de Transições, árvores de sincronização. Linguagens (Traços de Hoare). Modelos Não-Intercalados. Traços de Mazurkiewicz. Estruturas de Eventos. Redes de Petri. Relacionamento entre os modelos.</p> <p>INF05515 COMPLEXIDADE DE ALGORITMOS: Noção de complexidade. Estudo de complexidade via métodos de desenvolvimento de algoritmos; algoritmos iterativos e recursivos. Análise da complexidade de algoritmos clássicos em várias áreas da computação. Noções de intratabilidade; caces P, NP e NP completa. Algoritmos aproximativos.</p>
UNISINOS	<p>60046 TEORIA DA INFORMAÇÃO: Fundamentação dos princípios da Teoria da Informação com vistas ao desenvolvimento de mecanismos de transmissão e compactação de informações. Apresentação dos conceitos fundamentais da Teoria da Informação; codificação de informações e medidas de codificação; fontes de informação e canais de transmissão; transmissão, fluxo e confiabilidade da informação; compactação de dados.</p> <p>60031 TEORIA DA COMPUTAÇÃO: Programas e máquinas. Máquinas universais. Computabilidade. Funções recursivas. Tese de Church. Indecidibilidade. Complexidade computacional.</p>
UPF	<p>CCC030 COMPLEXIDADE DE ALGORITMOS: Noção de complexidade. Comportamento assintótico. Técnicas de análise de algoritmos. Análise da complexidade de algoritmos clássicos. Noções de intratabilidade; classes P, NP e NP completa.</p>
SBC	<p>T10 MÉTODOS FORMAIS: Classes de métodos formais. Introdução e aplicação de métodos formais: VDM, CSP, CCS, LOTOS, Z, OBJ. Redes de Petri.</p>

8.6.2. Matéria: arquitetura e organização de computadores

A matéria de arquitetura e organização de computadores é, juntamente com sistemas operacionais, as que se pode observar maior consenso. Isso se deve ao fato de serem conteúdos mais tradicionais nos cursos de ciência da computação. As ementas das disciplinas, de 13 universidades, encontram-se na tab.8.10. As variações consistem em ter-se arquitetura junto ou separado de organização de computadores.

Tabela 8.10 – Ementas de arquitetura e organização de computadores

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	<p>INF01107 INTRODUÇÃO A ARQUITETURAS DE COMPUTADORES: Representação de dados: sistemas de numeração, aritmética binária e decimal, representação de números em ponto fixo e ponto flutuante, representação de caracteres. Noções básicas de arquitetura e organização de computadores: organização básica da UCP e variações; conjunto de instruções: operações, formato e armazenamento das instruções. Conceitos de álgebra booleana, elementos básicos de hardware e estudo da organização, fluxo de dados e execução de instruções em uma máquina simples. Noções de estrutura de software: linguagem assembler, linguagens de programação, compiladores e interpretadores, sistemas operacionais e utilitários. Noções básicas de entrada e saída e sistemas de interrupção.</p> <p>INF01108 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES I: Programação em linguagem de máquina e linguagem simbólica. Formato e classificação de instruções. Conjunto de instruções e modos e endereçamento. Manipulação de pilhas. Sub-rotinas: tipos, características e passagem de parâmetros. Interrupções de software. Recursos de Arquitetura para técnicas de programação. Recolocação de código.</p> <p>INF01112 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES II: A disciplina complementa os conteúdos de INF01108. São aprofundados conhecimentos de arquitetura de microprocessadores convencionais (família 80x86) e organização de software (em ambiente DOS). Apresenta-se também organização de entrada e saída: conceitos de interface, periférico e controlador; métodos de transferência de dados: polling, interrupção, acesso direto à memória; dispositivos de E/S: teclado, vídeo, impressora, meios de armazenamento óticos e magnéticos e interfaces seriais e paralela.</p> <p>INF01113 ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES B: Revisão de conceitos básicos de organização. Organização de processadores: bloco operacional e bloco de controle. Métodos para aumento de desempenho: organização de pipelines, máquinas super escalares. Máquinas RISC e CISC. Organização de memória. Ferramentas para análise e projeto de organizações.</p>
PUC RS	<p>46185 ARQUITETURA DE COMPUTADORES I</p> <p>46186 ARQUITETURA DE COMPUTADORES II: Sistemas de memória. Sistemas de armazenamento secundário. Sistemas de entrada e saída: princípios e padrões. Barramentos: princípios e padrões. Pipelining. Arquiteturas paralelas.</p>
UNISINOS	<p>65057 ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES: Fundamentação dos princípios da Teoria da Informação com vistas ao desenvolvimento de mecanismos de transmissão e compactação de informações. Apresentação dos conceitos fundamentais da Teoria da Informação; codificação de informações e medidas de codificação; fontes de informação e canais de transmissão; transmissão, fluxo e confiabilidade da informação; compactação de dados.</p> <p>60255 ARQUITETURAS DE COMPUTADORES:</p>
UFSM	ORGANIZAÇÃO AVANÇADA DE COMPUTADORES: Arquitetura de computadores de alto desempenho. Sistemas de entrada e de saída de alto desempenho. Processadores de alto desempenho. Multiprocessamento.
UFPEL	<p>ARQUITETURA DE COMPUTADORES I</p> <p>ARQUITETURA DE COMPUTADORES II: Estrutura de E/S. Modos de realização de E/S. E/S programada, por interrupção e por canal. Acesso direto à memória. Hierarquia de memórias. Noções de arquiteturas avançadas.</p>
UCPEL	<p>ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES I</p> <p>053214 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES II</p>

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
ULBRA	<p>204131 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES I: Projeto no nível RT (a partir da divisão clássica “bloco operativo e bloco de controle”); Componentes do Nível RT e uso da Linguagem VHDL; Projeto de Blocos Operativos; Projeto de Blocos de Controle; Fluxogramas Operativos (<i>Algorithmic State Machine - ASM – Charts</i>); Projeto de Unidades Processadoras; Simulação e Síntese de Unidades Processadoras usando VHDL.</p> <p>204132 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES II: Conjunto de instruções. Formatos de instruções, modos de endereçamento. Arquiteturas típicas (CISC/RISC). Pipelines. Programação em linguagem de montagem. Relação linguagens de montagem X linguagens de alto nível. Processos de montagem, ligação e carga de programas.</p> <p>204133 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES III: Extensão do modelo Von Neumann para suporte as operações de Entrada/Saída (E/S): arquiteturas baseadas em barramentos, memórias hierárquicas, controladores de dispositivos, interfaces e periféricos. Classes de interfaces e periféricos. Tipos de barramentos e controladores de dispositivos. Técnicas de programação de E/S: <i>polling</i>, interrupção e DMA. Hierarquias de memórias: <i>cache</i> e Memória Virtual. Arquiteturas paralelas: conceitos, classificação, arquiteturas SIMD, MIMD, <i>pipeline</i>, super-escalar, vetorial.</p>
UPF	<p>CCC014 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES I: Conceito de programa armazenado. CPU: organização básica, controle, processadores hipotéticos. Execução de instruções: ciclos de busca e de execução. Instruções: formatos, codificação, modos de endereçamento, o caminho de dados (data path). Linguagem de máquina e de montagem, pseudo-instruções e diretivas. Fluxo de controle: Desvios condicionais, incondicionais, rotinas. Arquiteturas: acumulador, pilha e registradores de uso geral. Entrada e saída.</p> <p>CCC015 ARQUITETURA E ORGANIZAÇÃO DE COMPUTADORES II: Processadores CISC e RISC: características, processadores comerciais. Pipelines. Processadores superescalares. Memória cache. Arquitetura e organização de processadores comerciais. Avaliação de Desempenho. Processadores Vetoriais.</p>
UNILASALLE	<p>01016 ORGANIZAÇÃO E ARQUITETURA DE COMPUTADORES I: Fornecer ao aluno uma visão geral do funcionamento de hardware e software. Iniciar estudos referentes à organização e arquitetura de computadores tais como: Circuitos lógicos. Componentes do fluxo de dados. Unidade aritmética e lógica. Memória. DMA. Interface de entrada e saída. Unidade de controle e noções de microprogramação: formato de instruções e endereçamentos; busca e execução de instruções. Definição de um conjunto elementar de instruções.</p> <p>01017 ORGANIZAÇÃO E ARQUITETURA DE COMPUTADORES II: Consolidação dos estudos referentes à organização e arquitetura de computadores através do funcionamento de microprocessador hipotéticos e reais. Os tópicos principais desta disciplina são: Programação em linguagem de máquina e linguagem simbólica. Formato e classificação de instruções. Conjunto de instruções e modos e endereçamento. Manipulação de pilhas. sub-rotinas: tipos, características e passagem de parâmetros. Interrupções de software. Recursos de Arquitetura para técnicas de programação.</p>
UNISC	<p>2362 ARQUITETURA DE COMPUTADORES: Instruções e Operandos: tipos. Subrotinas: Chamada, Parâmetro e Retorno Modos de Endereçamento. Relocação de Endereços. Aritmética Básica. Multiplicação e Divisão. Aritmética BCD. Conjunto de Instruções de Microprocessadores. Sistema de memória (Tipos, mapeamento/Endereçamento) Sistema de Entrada/Saída (Tipos, Interrupções). Processamento paralelo.</p>
URCAMP	<p>ARQUITETURA DE COMPUTADORES I ARQUITETURA DE COMPUTADORES II</p>
UNICRUZ	<p>ARQUITETURA DE COMPUTADORES II: Sistemas de Entrada/Saída. Sistemas de memória. Introdução às arquiteturas para processamento paralelo.</p>
FEEVALE	<p>ARQUITETURA DE COMPUTADORES: Programação em Sistemas de Numeração. Representação de Caracteres. Conjunto de Instruções, Registradores. Endereçamento. Recursos de Programação: subrotinas, co-rotinas, recursividade, reentrância. Código Relocável. Tecnologia e Performance. Microprocessadores. Barramentos. Controladoras de Vídeo. Memória Virtual e Memória Cache. Paralelismo. “Pipeline”. Multiprocessadores. Computação Paralela e Distribuída. Outros: Microprocessadores. Pentes de Memória, Winchester, PCMCIA, Impressoras, Fax-Modem, CD-ROM/DVD, Scanner, Monitores de Vídeo, SCSI, Estabilizadores, No-breaks, Novas Tecnologias.</p>
SBC	<p>F1 ARQUITETURAS DE COMPUTADORES: Sistemas numéricos. Aritmética binária: ponto fixo e flutuante. Organização de computadores: memórias, unidades centrais de processamento, entrada e saída. Linguagens de montagem. Modos de endereçamento, conjunto de instruções. Mecanismos de interrupção e de exceção. Barramento, comunicações, interfaces e periféricos. Organização de memória. Memória auxiliar. Arquiteturas RISC e CISC. Pipeline. Paralelismo de baixa granularidade. Processadores superescalares e superpipeline. Multiprocessadores.</p>

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
	Multicomputadores. Arquiteturas paralelas e não convencionais.

8.6.3. Matéria: arquiteturas paralelas

A matéria de arquiteturas paralelas não está muito presente como disciplina nas grades curriculares, como pode ser observado, na tab. 8.11, entretanto seu conteúdo está presente em disciplinas denominadas de sistemas distribuídos (tab. 8.13). Isso deve, em parte, porque nos currículos de referência da SBC e da ACM/IEEE esses conteúdos estão presentes. Entretanto, como será proposto na seção 8.7, disciplinas como arquiteturas paralelas são necessárias no núcleo dos cursos de bacharelado em ciência da computação. A realidade tecnológica atual requer que esses conhecimentos sejam adquiridos pelos egressos desses cursos. Percebe-se que já existem universidades com esse novo perfil. Isso também foi recomendado no terceiro Curso de Qualidade, pela proposta de Blauth Menezes et. al. [NUN2001].

Tabela 8.11 – Ementas de arquiteturas paralelas

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	INF01191 ARQUITETURAS AVANÇADAS DE COMPUTADORES: Revisão de conceitos avançados de organização em monoprocessadores RISC superescalares: pipelining, escalonamento dinâmico e previsão dinâmica de desvios. Cenários para microprocessadores futuros: superescalares de wide-issue, superescalares com superespeculação e múltiplos fluxos de instrução, microprocessadores para múltiplos threads, arquiteturas multiprocessadores integradas monolíticas, processamento vetorial com D-RAM embebida e processadores reconfiguráveis. RISC multithreaded. Arquiteturas VLIW. Arquiteturas vetoriais multiprocessadores. Multicomputadores. Modelos de programação por passagem de mensagens. Modelos de programação com paralelismo de dados.
UNISINOS	65110 ARQUITETURAS AVANÇADAS DE COMPUTADORES: Apresentação de conceitos fundamentais de arquiteturas multiprocessadoras, arquiteturas vetoriais e máquinas de fluxo de dados. Apresentação de características de implementação de pipeline, memória cache, memória virtual e memória associativa. Estudo de casos acerca de novos processadores. Apresentação de conceitos e utilizações de técnicas de tolerância a falhas. Avaliação de desempenho.
UCS	ARQUITETURA PARALELAS
SBC	F1 ARQUITETURAS DE COMPUTADORES: Sistemas numéricos. Aritmética binária: ponto fixo e flutuante. Organização de computadores: memórias, unidades centrais de processamento, entrada e saída. Linguagens de montagem. Modos de endereçamento, conjunto de instruções. Mecanismos de interrupção e de exceção. Barramento, comunicações, interfaces e periféricos. Organização de memória. Memória auxiliar. Arquiteturas RISC e CISC. Pipeline. Paralelismo de baixa granularidade. Processadores superescalares e superpipeline. Multiprocessadores. Multicomputadores. Arquiteturas paralelas e não convencionais.

8.6.4. Matéria: sistemas operacionais

Como já foi observado, a matéria de sistemas operacionais é outra matéria do núcleo básico dos cursos da área da computação e informática e, por isso, está presente em todos os cursos analisados. A carga horária e os conteúdos abordados podem variar de um curso para outro, como pode ser observado na tab.8.12. A novidade nessa matéria é a existência de uma disciplina que trate especificamente de questões de concorrência e paralelismos.

Tabela 8.12 – Ementas de sistemas operacionais

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	<p>INF01142 SISTEMAS OPERACIONAIS I: Montadores. Processamento de macros. Carregadores ligadores. Conceitos básicos de sistemas operacionais: processos, organizações de sistemas operacionais, chamadas de sistema Gerência do processador : estados de processo, escalonamento. Entrada e saída: dispositivos e controladores, software de E/S, interrupções, dependência e independência. Gerência de memória: partições fixas e variáveis, segmentação, memória virtual. Gerência de arquivos.</p> <p>INF01151 SISTEMAS OPERACIONAIS II: Princípios e prática de programação concorrente: variáveis compartilhadas, proteção e deadlock, troca de mensagens, algoritmos distribuído. Sistemas distribuídos: servidores de arquivos, de nomes, de autorização e de tipos; heterogeneidade; gerência de processadores e escalonamento.</p> <p>INF01018 SISTEMAS OPERACIONAIS DISTRIBUÍDOS E REDES: Introdução: sistemas distribuídos x centralizados, aspectos de hardware em multiprocessadores e multicomputadores. Sistemas operacionais de rede: conceito e princípio. Comunicação em sistemas distribuídos; modelo cliente-servidor, TCP, RPC. Sincronização em sistemas distribuídos. Sistema de Arquivos Distribuídos: conceitos gerais, NFS. Servidores de nomes. Estudos de Casos.</p>
PUC RS	<p>46190 SISTEMAS OPERACIONAIS:</p> <p>46191 SISTEMAS OPERACIONAIS DISTRIBUÍDOS: Aspectos básicos na concepção de sistemas distribuídos. Arquitetura dos sistemas distribuídos. Gerência de processos e de processadores em sistemas distribuídos. Comunicação e sincronização em sistemas distribuídos. Sistemas de arquivos distribuídos. Estudo de casos.</p>
UNISINOS	<p>65063 SISTEMAS OPERACIONAIS I: Conceitos fundamentais sobre Sistemas Operacionais. Gerenciamento de processos. Gerenciamento de memória e dispositivos de armazenamento. Sistemas de Entrada/Saída.</p> <p>65069 SISTEMAS OPERACIONAIS II: Funcionamento interno de sistemas operacionais. Estudo de caso com sistemas operacionais representativos: Windows 9x, Windows NT, Unix BSD, Minix e Linux. Análise individual de cada um dos componentes que fazem um sistema operacional: processos, threads, interrupções e sinais, escalonamento e comunicação entre processos, sistema de arquivos, gerenciamento de memória e drivers de dispositivo.</p>
UFSM	<p>PROGRAMAÇÃO AVANÇADA DE SISTEMAS: Conhecer a programação baseada em múltiplos fluxos cooperativos de execução. Paralelismo, comunicação e sincronização. Replicação de dados, exclusão mútua e consistência.</p> <p>SISTEMAS OPERACIONAIS: Introdução a Sistemas Operacionais. Gerência de processos. Gerência de entrada e saída. Gerência de Memória. Sistemas de Arquivos.</p> <p>SISTEMAS OPERACIONAIS DISTRIBUÍDOS: Conceitos de hardware e software. Comunicação. Sincronização distribuída. Processadores e processos distribuídos. Sistemas de arquivos distribuídos. Memória compartilhada distribuída. Segurança.</p>
UFPEL	<p>SISTEMAS OPERACIONAIS I: Introdução aos sistemas operacionais. Gerenciamento de processos e processadores. Gerenciamento de memória. Gerenciamento de arquivos. Kernels e núcleos para sistemas multiprogramados.</p>
ULBRA	<p>204035 SISTEMAS OPERACIONAIS</p> <p>204069 FUNDAMENTOS DE SISTEMAS OPERACIONAIS: Introdução aos sistemas operacionais: definição, tipos e evolução. Serviços e chamadas de sistema. Políticas e métodos utilizados na implementação dos diferentes componentes de um sistema operacional: sistema de arquivos, gerência de memória e de memória virtual, gerência do processador. Deadlock. Suporte do sistema operacional para o desenvolvimento de aplicações concorrentes. Estudo de caso de sistemas operacionais modernos.</p> <p>204076 PROJETO DE SISTEMAS OPERACIONAIS: Revisão sobre sistemas operacionais. Princípios de projetos de sistemas operacionais; Estudo de casos; Estudo e prática de um sistema operacional. Tópicos avançados em sistemas operacionais. Mecanismos de comunicação entre processos. Projeto componentes de sistemas operacionais.</p>

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UPF	CCC024 SISTEMAS OPERACIONAIS I: Introdução aos sistemas operacionais. Gerência de memória. Gerência de processador. Gerência de processos. CCC025 SISTEMAS OPERACIONAIS II: Gerência de Arquivos. Gerência de I/O. Sistemas operacionais de tempo real. Sistemas operacionais distribuídos.
UNILASALLE	00685 SISTEMAS OPERACIONAIS I: Programação de sistemas: montadores, macro-expansores, ligadores e carregadores. Introdução aos sistemas operacionais. Processos: comunicação e escalonamento. Gerenciamento de memória. Sistemas de arquivos. Entrada e saída. Deadlocks. Estudos de caso. 00686 SISTEMAS OPERACIONAIS II: Abordar conceitos avançados sobre processos, programação concorrente e sistemas com múltiplos processadores. Discutir questões relacionadas com deadlock em sistemas operacionais, especialmente, prevenção, detecção e recuperação. Discutir o relacionamento entre Sistemas Operacionais e Redes de Computadores. Abordar o projeto e implementação de Sistemas Operacionais Paralelos e Distribuídos. Realizar estudos de caso.
UCS	SISTEMAS OPERACIONAIS: CONCORRÊNCIA: Especificação, modelagem e implementação de processos e threads. Objetos compartilhados e exclusão mútua. Sincronização, deadlocks, safety e liveness, troca de mensagens. Suporte para concorrência em uma linguagem de programação.
UNISC	SISTEMAS OPERACIONAIS I: Conceitos básicos de sistemas operacionais. Características dos processos. Controle de concorrência (programação concorrente e processamento concorrente). Sincronização de processos. Primitivas de sincronização. Monitores. Gerência de memória. Esquemas de organização de memória. Técnicas para a gerência de memória. Memória virtual. Gerência do processador. Introdução ao sistema operacional UNIX. SISTEMAS OPERACIONAIS II: Gerência de dispositivos de entrada e saída. Gerência de arquivos. Núcleos dos sistemas operacionais mais utilizados. Vantagens e características. Histórico. Sistemas baseados em microkernel. Segurança do sistema. Criptografia. Sistemas operacionais orientados a objetos. Arquitetura de sistemas operacionais modernos.
FURG	01121 SISTEMAS OPERACIONAIS: Histórico. Processos. Gerenciamento de memória. Sistemas de Arquivos. Gerenciamento de Entrada/saída. Impasses. S.O. distribuídos. Comunicação em S.O. distribuídos. "Threads". Sistemas de arquivos distribuídos. Estudos de casos. Laboratório.
URCAMP	SISTEMAS OPERACIONAIS I: História dos sistemas operacionais. Objetivos e funções. Componentes. Organização. Tipos: mono-usuário, monotarefa, multiusuário, multitarefa. Gerenciamento do processador e memória. Recursos avançados. Configuração. SISTEMAS OPERACIONAIS II: Conceitos básicos de sistemas operacionais. Tipos de sistemas operacionais. Sistemas multiprogramáveis. Estrutura. Processo. Comunicação entre processos. Gerência do processador. Gerência de memória. Sistema de arquivos. Gerência de dispositivos.
UNICRUZ	SISTEMAS OPERACIONAIS I SISTEMAS OPERACIONAIS II: Sincronização de Processos. Deadlocks. Gerenciamento de dispositivos. Políticas de escalonamento de requisições de acesso a discos magnéticos. Gerenciamento de arquivos. Funções de um gerenciador de arquivos. Tipos e organizações dos arquivos e alocação de espaço. Aspectos de proteção e segurança em sistemas operacionais.
FEEVALE	SISTEMAS OPERACIONAIS: Introdução aos sistemas operacionais: conceitos básicos, histórico e desenvolvimento. Visão do sistema operacional como máquina virtual e como gerenciador de recursos. Aspectos do gerenciamento de processos, memória, armazenamento (arquivos) e entrada e saída. Estudo das características e comparação entre os diferentes sistemas operacionais atualmente utilizados.
SBC	F8 SISTEMAS OPERACIONAIS: Conceitos de processos. Concorrência. Sincronização de processos. Gerenciamento de memória. Memória virtual. Escalonamento de processos. Monoprocessamento e multiprocessamento. Alocação de recursos e deadlocks. Gerenciamento de arquivos. Técnicas de e/s. Métodos de acesso. Arquitetura de sistemas cliente-servidor. Análise de desempenho.

8.6.5. Matéria: sistemas distribuídos

Essa matéria está presente nas Diretrizes Curriculares do MEC para cursos de computação e informática; está presente no currículo da SBC proposto em 1999 e está presente em nove dos cursos analisados por esse trabalho. Sem dúvida, a existência dessa matéria é fundamental para o desenvolvimento de Processamento Paralelo e Distribuído e, também, de PAD. Entretanto, quer-se dar um passo a frente, como apresentado na proposta de plano pedagógico para o bacharelado em ciência da

computação durante o terceiro curso de qualidade (Blauth Menezes et.al. em [NUN2001]). É necessário desdobrar essa matéria em pelo menos duas disciplinas, que seriam arquiteturas paralelas e programação paralela e distribuída, conforme é apresentado na seção 8.7.

Tabela 8. 13 – Ementas de sistemas distribuídos

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
PUC RS	46273 TÓPICOS ESPECIAIS EM SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Tópicos atuais sobre a matéria da disciplina eletiva.
UNISINOS	65073 PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO: Sistemas de software que apresentam distribuição de controle e/ou dados e os algoritmos distribuídos que os fundamentam. Paradigmas de comunicação entre processos, diversos algoritmos distribuídos e exemplos clássicos de sistemas distribuídos.
UFPEL	100129 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Conceitos, princípios, exemplos e histórico. Características chave. Diretrizes de projetos distribuídos. Sistemas de arquivos distribuídos. Servidor de nomes. Sistemas operacionais distribuídos. Dados compartilhados, transações e controle de concorrência. Programação distribuída e paralela.
UCPEL	070015 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Estudo de paradigmas de comunicação e de algoritmos distribuídos. Análise de sistemas distribuídos clássicos. Estudo de caso em sistemas de alta disponibilidade, objetos distribuídos, bases de dados distribuídas e simulação distribuída.
ULBRA	204139 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Introdução a arquiteturas paralelas (multiprocessadores, multicomputadores, supercomputadores vetoriais, SIMD, pipeline, superescalar; topologias de conexão; tipos de memórias; medidas de desempenho). Algoritmos paralelos (manipulação de vetores e matrizes; ferramentas para programação paralela). Sistemas Distribuídos (sincronização; processos e threads; linguagens e ferramentas para programação distribuída; sistemas operacionais e sistemas de arquivos distribuídos; sistema de tempo real)
UNILASALLE	00554 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS I: Introdução aos Sistemas Distribuídos: conceitos básicos, aspectos de hardware e software, classes de arquiteturas, questões de projeto; Multiprogramação: Processos e threads, alocação de processadores, escalonamento de threads, uso de bibliotecas de threads (<i>Pthreads e Winthreads</i>); Sincronização: conceitos, técnicas de exclusão mútua, algoritmos de eleição; Comunicação: memória compartilhada e distribuída (DSM), conceitos e modelos de consistência, Troca de mensagens, endereçamento de processos, chamada de procedimento remoto (RPC), Cliente/Servidor, comunicação em grupo, uso de bibliotecas de comunicação (PVM e MPI); Estudos de casos e seminários de apresentação de trabalhos. 00691 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS II: Sistemas de arquivos distribuídos: questões de projeto, interfaces de serviços e semânticas de compartilhamento; Memória compartilhada distribuída (DSM): conceitos, modelos de consistência, memória compartilhada baseada em páginas, memória compartilhada baseada em variáveis, memória compartilhada baseada em objetos; Escalonamento em sistemas distribuídos: conceitos, modelos de escalonamento, modelos de comunicação, algoritmos heurísticos, escalonamento em sistemas heterogêneos; Avaliação de desempenho: conceitos e métricas; Estudo de casos.
UNISC	SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Introdução: conceituação, terminologia e principais idéias na área. Problemas de comunicação entre processos: Modelos OSI e TCP/IP, modelo Cliente-Servidor, Comunicação em Grupo, RPC. Sistema de Arquivos Distribuído: Projeto, Implementação, Replicação. Servidor de nomes: funcionalidade, domínio de conceituação, arquitetura, consistência, desempenho. Sincronização em Sistemas Distribuídos: Exclusão Mútua, Transações Atômicas, Deadlocks.
UNICRUZ	SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Introdução a Sistemas Distribuídos. Comunicação em sistemas distribuídos. Sincronização em sistemas distribuídos. Processos e Processadores em Sistemas Distribuídos. Sistemas de Arquivos Distribuídos.
FEEVALE	SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: A tendência à centralização e justificativas para a descentralização. Métodos e acesso remoto a arquivos. Alocação ótima de arquivos. Controle de concorrência e consistência. “Deadlock” em sistemas distribuídos. Avaliação de desempenho. Banco de Dados Distribuído. Introdução a Sistemas Distribuídos. Comunicação em Sistemas Distribuídos. Sincronização/Coordenação em Sistemas Distribuídos. Sistemas Operacionais Distribuídos. Sistemas de Arquivo Distribuídos. Sistemas de Memória Distribuída. Serviços de Nome e Diretório Distribuídos. Objetos Distribuídos.
SBC	T17 SISTEMAS DISTRIBUÍDOS: Problemas básicos em computação distribuída: coordenação e sincronização de processos, exclusão mútua, difusão de mensagens. Compartilhamento de informação: controle de concorrência, transações distribuídas. Comunicação entre processos. Tolerância a falhas. Sistemas operacionais distribuídos: sistemas de arquivos, servidores de nomes, memória compartilhada, segurança, estudo de casos.

8.6.6. Matéria: programação paralela e distribuída

As disciplinas existentes sobre a matéria de programação paralela e distribuída nos cursos analisados, são apresentadas na tab.8.14. Comentários sobre essa matéria e sua importância já foram feitos na seção anterior.

Tabela 8.14 – Ementas de programação paralela e distribuída

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	<p>INF01008 PROGRAMAÇÃO DISTRIBUÍDA E PARALELA: Conceitos básicos de sistemas distribuídos; Aplicações distribuídas e paralelas; Características básicas de PDP; Modelo de processos e troca de mensagens; Algoritmos distribuídos; Conceitos básicos de programação paralela; algoritmos paralelos; Classes de linguagens para PDP.</p> <p>INF01120 TÉCNICAS DE CONSTRUÇÃO DE PROGRAMAS: Desenvolver e empregar técnicas que produzem programas de "boa qualidade": apresentação das técnicas utilizadas para este fim; construção, durante o semestre, de um sistema de médio porte, onde estas técnicas devem ser exercitadas.</p>
PUC RS	<p>46177 LABORATÓRIO DE PROGRAMAÇÃO III: Linguagem de programação orientada a objetos: programação, classes, objetos, estrutura, encapsulamento, mensagens, herança, polimorfismo etc. Concepção de sistemas orientadas a objetos.</p> <p>46181 - PARADIGMAS DE LINGUAGENS I: Linguagens de programação: estruturas e modelos. Paradigma imperativo. Paradigma orientado a objetos: reusabilidade, herança, poliformismo. Paradigma Concorrente: processos, cooperação, competição. Paradigma Funcional: "pattern-matching", avaliação postergada, funções de alta ordem. Estudos de caso: programação em linguagem concorrente, programação em linguagem funcional.</p>
UNISINOS	<p>60048 PROGRAMAÇÃO PARALELA E DISTRIBUÍDA: Desenvolver conceitos de programação paralela em sistemas paralelos ou distribuídos. Integrar os conceitos de programação com os conceitos de arquitetura de computadores, desenvolvendo as aptidões dos alunos no aproveitamento do conjunto hardware-software.</p> <p>65073 PROCESSAMENTO DISTRIBUÍDO: Sistemas de software que apresentam distribuição de controle e/ou dados e os algoritmos distribuídos que os fundamentam. Paradigmas de comunicação entre processos, diversos algoritmos distribuídos e exemplos clássicos de sistemas distribuídos.</p> <p>60023 PARADIGMAS DE PROGRAMAÇÃO: Estudo dos paradigmas Imperativo, Lógico, Funcional e Orientado a Objetos. Estudo de outros paradigmas de programação. Conceitos fundamentais e diferenças relacionadas a estes paradigmas. Programação utilizando os paradigmas estudados.</p> <p>65098 ESTRUTURAS AVANÇADAS DE DADOS: Complexidade de Algoritmos. Estruturas de dados (b-tree, trie, tabelas hash, grafos), operações básicas de manipulação das mesmas e suas complexidades. Classificação externa de dados. Limites da computação.</p>
UFSM	<p>PROGRAMAÇÃO PARALELA: Modelo de computadores paralelos. Modelos de programação paralela. Análise de desempenho e algoritmos de programas paralelos. Estudos de caso.</p>
UCPEL	<p>053230 PROGRAMAÇÃO PARALELA E DE ALTO DESEMPENHO: Estudo de taxonomias e modelos de arquiteturas paralelas. Análise da hierarquia de memória e das estruturas de interconexão em arquiteturas paralelas. Estudo das medidas de desempenho de execuções paralelas. Introdução à programação paralela e de alto desempenho. Estudo de caso de arquiteturas reais de alto desempenho.</p> <p>070024 PROGRAMAÇÃO DISTRIBUÍDA: Estudo dos paradigmas em programação distribuída. Análise dos algoritmos distribuídos clássicos. Introdução à programação de aplicações distribuídas e às ferramentas relacionadas.</p>
UPF	<p>CCC031 PROCESSAMENTO PARALELO E DISTRIBUÍDO: Razões que levam o uso do paralelismo. Arquiteturas paralelas. Formas de exploração do paralelismo. Modelos de máquinas abstratas para o desenvolvimento de algoritmos paralelos. Algoritmos paralelos e distribuídos. Programação paralela com trocas de mensagens e memória compartilhada/distribuída.</p>
UNILASALLE	<p>00689 TÓPICOS AVANÇADOS DE PROGRAMAÇÃO: A disciplina visa a exposição do aluno às técnicas de programação de sistemas que estão despontando como a plataforma básica para o desenvolvimento de software nos próximos anos.</p>
UCS	<p>PROGRAMAÇÃO PARALELA COM MPI: Processamento Paralelo: Conceitos básicos. Motivação. Aplicações. Classificação de máquinas paralelas. Máquinas de memória distribuída (multicomputadores); Avaliação de desempenho de programas paralelos: Complexidade paralela, Speedup, Lei de Amdahl, Eficiência, Função de isoefficiência, Avaliação de desempenho de máquinas paralelas Modelos de programação paralela : Modelo PRAM, Modelo MP-RAM, Modelo Data Parallel, Modelo Data Flow. Paralelização: Estratégias de decomposição : decomposição do algoritmo e do domínio; Bibliotecas de troca de mensagens : PVM e MPI. Primitivas de</p>

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
	Comunicação Coletiva Ferramentas para programação paralela : Linguagens paralelas.
FURG	LINGUAGENS DE PROGRAMAÇÃO: Classes e gerações de linguagens. Sintaxe e semântica. Compilação e interpretação. Modelos de implementação. Visibilidade de nomes. Classes de memória. Sistemas de tipos. Tipos abstratos de dados. Controle do fluxo de execução no nível de comando. Controle no nível de unidade. Unidades genéricas. Tratamento de exceções. Paralelismo. Co-rotinas. Passagem de parâmetros. Paradigmas de programação. Fixação dos conceitos, através da utilização prática de diferentes linguagens de programação.
SBC	T14 PROGRAMAÇÃO PARALELA: Teoria do paralelismo. Modelos intercalados: sistemas de transição. Árvores de sincronização. Linguagens: traços de Hoare. Modelos não-intercalados: traços de Mazurkiewicz. Estruturas de eventos. Relacionamento entre os modelos. Modelo PRAM. Vetorização. Conceitos básicos de arquiteturas distribuídas. Tipos e motivação para aplicações distribuídas. Primitivas básicas de programação distribuída: controle de tarefas, comunicação e sincronização. Características básicas das primitivas. Tipos de linguagens e programas. Conceitos básicos de avaliação de desempenho e complexidade de programas paralelos. Depuração e monitoração de programas paralelos. Paralelização automática. Algoritmos clássicos de programação paralela.

8.6.7. Matéria: avaliação de desempenho

A matéria de avaliação de desempenho é uma das menos desenvolvidas nos cursos no estado, pelo que se observa na tab. 8.15. Isso se justifica, em função de que, se a programação paralela não é desenvolvida, se não existem computadores de alto desempenho disponíveis para os estudantes de graduação e nem são estudadas arquiteturas paralelas, não há como desenvolver-se disciplinas de avaliação de desempenho. Essa matéria fica restrita a instituições que tem cursos de pós-graduação, tese comprovada pela tab. 8.15.

Tabela 8.15 – Ementas de avaliação de desempenho

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	INF01146 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: Introdução à avaliação de desempenho de sistemas computacionais. Métodos de avaliação: vantagens, desvantagens, aplicações. Métodos analíticos: abordagens estocástica e operacional. Modelos baseados em redes de filas e em redes de Petri. Simulação discreta: conceitos, algoritmos de simulação. Abordagens de modelagem de sistemas discretos: orientação a eventos e a processos. estudo de uma linguagem de simulação de propósitos gerais. Mensuração, benchmarking.
PUC RS	46255 SIMULAÇÃO DE SISTEMAS 46259 AVALIAÇÃO QUANTITATIVA DE SISTEMAS 46290 AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO DE SISTEMAS
UNISINOS	65072 SIMULAÇÃO E MODELAGEM DE SISTEMAS
SBC	T11 MODELAGEM E AVALIAÇÃO DE DESEMPENHO: Abordagens para avaliar desempenho de sistemas: aferição (coleta de dados, benchmarks) e modelagem matemática. Paradigmas de modelagem: processos estocásticos, redes de filas, redes de Petri, statecharts. Tipos de modelos: determinísticos e estocásticos, estáticos e dinâmicos. Soluções aplicáveis aos modelos discretos: analíticas e numéricas. Simulação de sistemas discretos: orientados a eventos, processos e atividades. Simulação distribuída. Geração de valores aleatórios. Linguagens e ferramentas de simulação. Análise dos resultados de uma simulação.

8.6.8. Matéria: outras disciplinas

Sob o título de outras disciplinas, buscou-se relacionar disciplinas que servem como base ou como aplicações de alto desempenho. Entre elas foram identificadas, (por ordem de frequência nas grades): redes de computadores, banco de dados e tolerância a falhas em sistemas distribuídos, suas ementas são apresentadas na tab. 8.16. Essas disciplinas são, também comentadas ou especificadas nos dois cursos de qualidade [NUN00, NUN2001].

Tabela 8.16 – Ementas de outras disciplinas

UNIVERSIDADE	DISCIPLINA/EMENTA
UFRGS	<p>INF01209 FUNDAMENTOS DE TOLERÂNCIA A FALHAS: Conceitos básicos de segurança de funcionamento (dependabilidade). Aplicações de tolerância a falhas. Técnicas para incremento de confiabilidade e disponibilidade. Identificação e seleção de técnicas de projeto tolerante a falhas. Tolerância a falhas em sistemas distribuídos e arquiteturas paralelas. Medidas e ferramentas para avaliação e simulação de sistemas tolerantes a falhas. Arquiteturas de sistemas tolerantes a falhas.</p> <p>INF01154 REDES DE COMPUTADORES N: Fundamentos de transmissão de dados e sistemas de comunicação. Estudo básicas de redes e o modelo de referência OS/ISO. Topologias, protocolos e serviço em redes, associados aos diversos níveis do modelo de referência. Interligação, gerenciamento e aplicações básicas de redes de computadores.</p> <p>INF01014 SISTEMA DE BANCO DE DADOS DISTRIBUÍDOS: Conceitos em Sistemas Distribuídos. Arquitetura Cliente/Servidor e Protocolos. Sistemas de Arquivos Distribuídos . Banco de Dados Distribuídos . Projeto de Sistemas Distribuídos .</p>
UNISINOS	<p>60039 COMUNICAÇÃO DE DADOS:</p> <p>60009 REDES DE COMPUTADORES:</p> <p>60256 ADMINISTRAÇÃO E GERÊNCIA DE REDES:</p> <p>60033 BANCO DE DADOS II:</p>
ULBRA	<p>204110 REDES DE COMPUTADORES I: Comunicação: Meios de transmissão; transmissão digital; modulação; Equipamento de comunicação de dados; Controle de erros; Detecção de erros; Técnicas de multiplexação; Interface digital; serviços.</p> <p>204115 REDES DE COMPUTADORES II: Modelo de Referência ISO; Estruturas básicas de Redes de Computadores; Nível de Enlace; Nível de Rede; Ligação Inter-Redes; Avaliação e Desempenho de Redes.</p> <p>204077 PROJETO DE BANCOS DE DADOS: Organização de Arquivos; processamento de consultas; recuperação de falhas (Recovery); restrições de integridade em bancos de dados; controle de concorrência; trabalho de implementação.</p> <p>204103 BANCO DE DADOS II: Restrições de integridade; Processamento de consultas; recuperação de falhas (Recovery); controle de concorrência; bancos de dados distribuídos; bancos de dados orientados a objetos.</p>
UPF	<p>CCC017 REDES DE COMPUTADORES I: Introdução à redes de computadores. Introdução a teleprocessamento. Nível físico. Nível de enlace.</p> <p>CCC018 REDES DE COMPUTADORES II: Camada de Rede. Camada de Transporte. Camada de Sessão. Camada de Apresentação. Camada de Aplicação. Projeto de Redes de Computadores.</p>
FURG	<p>01129 REDES DE COMPUTADORES: Transmissão de dados. Codificação e controle de erros. Equipamentos. Protocolos de comunicação. Redes de computadores: configurações, forma de comutação, redes comutadas por pacotes, protocolos, interconexão. Redes locais: características, topologias, técnicas de transmissão e conexão, protocolo de acesso, servidores.</p> <p>01142 TÓPICOS AVANÇADOS EM COMPUTAÇÃO II</p>
SBC	<p>T18 TOLERÂNCIA A FALHAS: Segurança de Funcionamento. Aplicações de Tolerância a Falhas. Confiabilidade e Disponibilidade. Técnicas de Projeto. Tolerância a Falhas em Sistemas Distribuídos e Arquiteturas Paralelas. Arquitetura de Sistemas Tolerantes a Falhas.</p> <p>T15 REDES DE COMPUTADORES: Tipos de enlace, códigos, modos e meios de transmissão. Protocolos e serviços de comunicação. Terminologia, topologias, modelos de arquitetura e aplicações. Especificação de protocolos. Internet e Intranets. Interconexão de redes. Redes de banda larga, ATM. Segurança e autenticação. Avaliação de desempenho.</p> <p>T1 BANCO DE DADOS: Modelo de dados. Modelagem e projeto de banco de dados. Sistemas de gerenciamento de bancos de dados (SGBD): arquitetura, segurança, integridade, concorrência, recuperação após falha, gerenciamento de transações. Linguagens de consulta.</p>

8.7. Proposta de disciplinas

A partir do que foi apresentado nas seções 8.5 e 8.6 são propostas as seguintes disciplinas para integrar o núcleo da grade curricular dos cursos de Bacharelado em Ciência da Computação: Introdução a Programação Paralela e Distribuída e Arquiteturas Paralelas. Essas duas disciplinas estão contidas na matéria de sistemas distribuídos das Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática do MEC. Seus planos são propostos a seguir.

8.7.1. Introdução a programação paralela e distribuída

A disciplina de Introdução a Programação Paralela e Distribuída, que está sendo proposta, como resultado desse estudo, deve ter aulas teóricas e aulas práticas em laboratórios. Sua carga horária é de 60 h/a. A seguir, apresenta-se uma proposta de plano resumido dessa disciplina.

a) Objetivo

Objetiva desenvolver conceitos de programação paralela para serem empregados em sistemas paralelos e/ou distribuídos; explorar ferramentas de programação paralela e distribuída, visando implementar programas paralelos para ambientes baseados em memória compartilhada ou em troca de mensagens; compreensão do problema da decomposição de uma aplicação em um conjunto de tarefas independentes; escalonamento e tratamento de problemas ligados ao balanceamento de cargas, comunicação e sincronização.

b) Carga horária: 60

c) Pré-Requisitos:

Sistemas Operacionais, Arquitetura de Computadores, Análise de Algoritmos.

d) Súmula:

Modelos de programação paralela;
Conceitos básicos de programação paralela e distribuída;
Algoritmos paralelos e distribuídos;
Decomposição, escalonamento, mapeamento e balanceamento;
Comunicação e sincronização;
Programação baseada em memória compartilhada e em troca de mensagens;
Ambientes de programação paralela e distribuída;
Aplicações clássicas de programação paralela e distribuída;
Noções de complexidade e de avaliação de desempenho.

e) Livros de Referência (ordem alfabética)

- Akl, Selim.G. **The Design And Analysis Of Parallel Algorithms**. Englewood Cliffs: Prentice Hall, 1989. 401p.
- Bertsekas, Dimitri.P; Tsitsiklis, John.N. **Parallel And Distributed Computations Numerical Methods**. Englewood Cliff: Prentice Hall, 1989. 715p.
- Cavalheiro, G. G. H. Introdução a Programação Paralela e Distribuída. In: **Anais I Escola Regional De Alto Desempenho**. Gramado. 2001.
- Foster, Ian T. **Designing And Building Parallel Programs Concepts And Tools For Parallel Software Engineering**. Reading: Addison-Wesley, 1995. 379p.
- Jaja, Joseph. **An Introduction To Parallel Algorithms**. Reading: Addison-Wesley, 1992. 566p.
- Kumar,V; Grama, A.; Gupta, A.; Karypis, G. **Introduction To Parallel Computing - Design And Analysis Of Algorithms**. Redwood City: Benjamin/Cummings Publishing, 1994. 597p.
- Pacheco, Peter S. **Parallel Programming With Mpi**. San Francisco: Morgan Kaufman, 1997. 418p.
- Terada,R. Introdução À Complexidade De Algoritmos Paralelos. In: **Escola De Computação**, Vii,1990, São Paulo, Curso. São Paulo, Ime-Usp, 1990. 104p.

8.7.2. Arquiteturas paralelas

A disciplina de Arquiteturas Paralelas, que também está sendo proposta, deve ter uma carga horária de 60 h/a. Apresenta-se, a seguir, uma proposta de plano resumido dessa disciplina.

a) Objetivo

Objetiva reconhecer e avaliar as arquiteturas paralelas de computadores; compreender as implicações dessas arquiteturas na exploração do paralelismo quando no desenvolvimento de programas com alto desempenho; capacitar o aluno a caracterizar diferentes tipos de paralelismo em arquiteturas com um ou múltiplos processadores, bem como, identificar tendências na construção de máquinas paralelas e utilizar medidas de desempenho para comparação entre arquiteturas.

b) Carga horária: 60

c) Pré-Requisitos:

Arquitetura e Organização de Computadores

d) Súmula:

Introdução

Evolução das Arquiteturas Paralelas;

Tipos de Concorrência numa Arquitetura;

Classificação de Arquiteturas Paralelas;

Unidades de Medida para Máquinas;

Os Grandes Desafios da Área de Processamento de Alto Desempenho;

Arquiteturas Pipeline e Superescalares

Histórico e Classificação;

Entrelaçamento de Memórias;

Pipeline de Instrução e Aritmético;

Dependências entre Instruções;

Arquiteturas Superescalares;

Renomeação de Registradores;

Previsão de Desvios;

Paralelismo com Múltiplos Processadores

Classificações de Arquiteturas Paralelas

Organização da Memória Principal

Redes de Interconexão.

Roteamento de Mensagens

Coerência de *Cache* (*cache coherence*)

Tendências na Construção de Máquinas Paralelas

Processadores vetoriais paralelos (PVP),

Multiprocessadores simétricos (SMP),

Máquinas maciçamente paralelas (MPP).

Máquinas com memória compartilhada distribuída (DSM)

Redes de estações de trabalho (NOW)

Máquinas Agregadas (COW)

Comparação entre os modelos

Estudo de Casos.

e) Livros de Referência (ordem alfabética)

Almasi, G. S.; Gottlieb, A. **Highly Parallel Computing**. Benjamin/Cummings Publ.Comp., Redwood City, Cal., 1989.

De Rose, César A. F. Arquiteturas Paralelas. In: **Anais I Escola Regional de Alto Desempenho** (ERAD'2001), pp. 3-33, 2001.

- Dongarra, J. The Linpack Benchmark: An Explanation, In: **Proceedings of the 1st International Conference on Supercomputing**, pp. 456-474, Athens, Greece, June 8-12, 1987, Springer-Verlag 1988.
- Flynn, M. J. **Some Computer Organizations and their Effectiveness**. IEEE Transaction on Computers 21, v. 21, n. 9, pp. 948-960, 1972.
- Fox, G. et.al. **Solving Problems on Concurrent Processors**. Prentice Hall, 1998.
- Hwang, K. **Advanced Computer Architecture: Parallelism, Scalability, Programmability**. McGraw-Hill. 1993.
- Hwang, K.; Briggs, F. A. **Computer Architecture and Parallel Processing**. McGraw-Hill. 1985.
- Hwang, K.; Xu, Z. **Scalable Parallel Computing: technology, architecture, programming**. McGraw-Hill. 1998.
- Johnson, M. **Superscalar Microprocessor Design**. New York, Prentice Hall, 1991.
- Navaux, P.O. A. **Processadores Pipeline e Processamento Vetorial**. VII Escola de Computação. São Paulo: IME-USP, 1990.
- Patterson, David A.; Hennessy, John L. **Computer Organization & Design: The Hardware Software Interface**. Morgan Kaufmann Publishers, Inc. 1994.
- Silberschatz, G.; Galvin, P. **Operating System Concepts**. John Wiley & Sons, Inc, 1999. (quinta edição)
- Tanenbaum, Andrew S. **Structure Computer Organization**. Englewood Cliffs, Prentice-Hall, 1976. 443p.

8.7.3. Outras disciplinas recomendadas

Além das duas disciplinas recomendadas para comporem o núcleo básico dos cursos de bacharelado em Ciência da Computação, foi possível identificar outras disciplinas, como: Métodos Formais Concorrentes, Sistemas Operacionais Distribuídos, Banco de Dados Distribuídos, Tolerância a Falhas em PAD, Redes de Alto Desempenho entre outra. As duas primeiras disciplinas são consideradas como disciplinas básicas e, as demais, como aplicações. A seguir, apresenta-se a ementa das duas disciplinas básicas.

Métodos Formais Concorrentes

Ementa: Classificação dos métodos formais. Linguagem de descrição de algoritmos paralelos (*pascal-like*). Linguagens de especificação formal concorrente: CCS, CSP, UNITY e outras. Redes de Petri. Algoritmos paralelos. Complexidade de programas paralelos. Pré-requisitos: Algoritmos e Estrutura de dados. Carga horária: 60 horas aula.

Sistemas Operacionais Distribuídos

Ementa: Conceito de processos e threads. Sistemas operacionais de rede. Concorrência. Sincronização de processos. Princípios de Programação concorrente. Comunicação entre processos. Deadlock. Exclusão mútua. Tolerância a falhas. Sistemas de arquivos. Servidores de nomes. Memória compartilhada. Memória Distribuída. Troca de mensagens. Segurança. Estudo de casos. Pré-requisito: Arquiteturas Paralelas. Carga horária: 60 horas aula.

Propostas para as ementas das demais disciplinas podem ser encontradas no plano de curso proposto por Blauth Menezes et. al. em [NUN2001] e no currículo de referência da SBC [SBC99].

8.8. Considerações finais

O ensino de PAD ainda é incipiente em muitas das universidades gaúchas mencionadas nesse trabalho. Por isso, para fomentar a área no estado, sugere-se a inclusão de duas disciplinas na grade curricular dos cursos de Bacharelado em Ciência da Computação. Essas disciplinas abrangem aspectos de hardware e de software de alto desempenho, dando uma visão básica e fundamental a um bacharel em ciência da computação do século XXI.

Nos cursos de Bacharelado em Sistemas de Informação, acredita-se que possa se manter uma disciplina, conhecida atualmente como Sistemas Distribuídos. Deve-se, entretanto, atualizar sua ementa.

8.9. Agradecimento

Agradece-se a todos os colegas da Comissão Regional de Alto Desempenho que auxiliaram na obtenção e verificação das informações sobre as diversas universidades e pede-se desculpas por eventuais esquecimentos ou equívocos cometidos nesse trabalho. Agradece-se, ainda, a FAPERGS e ao CNPq pelo apoio e suporte econômico no desenvolvimento das pesquisas do GPPD da UFRGS.

8.10. Bibliografia

- [ACM01] ACM/IEEE. **Computing Curricula 2001**. Steelman draft (August 1, 2001). Disponível por [http](http://www.computer.org/education/cc2001/index.htm) em: <http://www.computer.org/education/cc2001/index.htm>. Consultado em 22/09/2001.
- [GEY00] GEYER, C.F.R et. al. Uma proposta de plano pedagógico para a matéria de sistemas distribuídos. In: [NUN00], Curitiba, SBC, 2000. p.185-214.
- [GTP00] GT-PAD. **Relatório Final para o Livro Verde**. Rio de Janeiro: NACAD-COPE/UFRJ. 2000.
- [MEC99] MEC. **Diretrizes Curriculares de Cursos da Área de Computação e Informática**. 1999. Disponível por [http](http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/curdiretriz/computacao/co_diretriz.rtf) em: http://www.mec.gov.br/sesu/ftp/curdiretriz/computacao/co_diretriz.rtf. Consultado em: 08/7/2001.
- [NUN00] NUNES, D.; BICHINHO, G. (Eds.). Curso de Qualidade de Cursos de Graduação da área de Computação e Informática, 2. In: Workshop de Educação em Computação, 8, Curitiba, 2000. Curitiba, SBC/Champagnat, 2000. 410p. ISBN 85-7292-052-8.

- [NUN2001] NUNES, D.(Ed.). Curso de Qualidade de Cursos Planos Pedagógicos de Cursos na Área de Computação. 3. In: SBC, 8, Fortaleza, 2001. Curitiba, SBC/Champagnat, 2001. 480p. ISBN 85-88442-04-3.
- [SBC99] SBC. **Currículo de Referência 99**. Sociedade Brasileira de Computação. 1999. Disponível por http em: <http://www.sbc.org.br/educacao/>. Consultado em: 08/07/2001
- [TAK00] TAKAHASHI, T. Sociedade da Informação no Brasil **Livro Verde**. Brasília: Setembro de 2000. Ministério da Ciência e Tecnologia..
- [WEB00] WEBER, R. F. R et. al. Uma proposta de plano pedagógico para a matéria Arquitetura de Computadores. In: [NUN00], Curitiba, SBC, 2000. p.37-64.