



# Construção do Conhecimento e Complexidade na Área de Engenharia de Software<sup>i</sup>

Rafael Prikladnicki, Jorge Luis Nicolas Audy

Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul – PUCRS - FACIN  
Av. Ipiranga, 6681 – Prédio 16 – Sala 106 – Porto Alegre, RS – CEP 90619-900

{rafael, audy}@inf.pucrs.br

***Abstract.** Distributed software development has attracted a great number of researches in software engineering over the last years. The analysis of these researches let us to conclude that considering the challenges involved, this is an area where some integration among other disciplines or fields of knowledge such as Computer Science, Business Administration, Psychology, Sociology, etc, is necessary. For this reason, the purpose of this paper is to discuss the knowledge fragmentation in software engineering. Also, we discuss how multidisciplinary, interdisciplinary and transdisciplinary researches can contribute to the research on software engineering.*

***Resumo.** O desenvolvimento distribuído tem atraído um grande número de pesquisas na área de engenharia de software nos últimos anos. A análise destas pesquisas nos permitiu concluir que, devido a sua característica e os desafios envolvidos, estas pesquisas envolvem o estudo e a integração entre diversas disciplinas, tais como Ciência da Computação, Administração, Psicologia, Sociologia, entre outras, e que isto também pode ser válido para a Engenharia de Software como um todo. Assim, o objetivo deste trabalho é discutir a construção do conhecimento na Engenharia de Software, e entender como pesquisas multi, inter e transdisciplinares podem contribuir para a evolução das pesquisas neste contexto, a luz da Teoria da Complexidade.*

## 1. Introdução

Hoje em dia, ao mesmo tempo em que a área de Engenharia de Software (ES) se desenvolve de uma forma cada vez mais rápida, é necessário desenvolver software de alta qualidade. Com o passar dos anos e durante a evolução desta área, é interessante observar como alguns dos princípios fundamentais desse desenvolvimento permanecem os mesmos de 30 anos atrás e como os desafios que os engenheiros de software encontram hoje são semelhantes aos existentes naquela época (Pfleeger, 2004).

Paralelamente, pode se perceber nos últimos anos um grande avanço em direção à globalização dos negócios. E na área de desenvolvimento de software isto não é diferente. O software tem se tornado um componente estratégico para diversas áreas de negócio. Especificamente na área de ES, mercados nacionais têm se transformado em mercados globais, criando novas formas de cooperação e competição que vão além das fronteiras dos países (Herbsleb et. al., 2001). Tem se tornado cada vez mais custoso e menos competitivo desenvolver software no mesmo espaço físico, na mesma organização ou até mesmo no mesmo país. O avanço da economia, a sofisticação dos meios de



comunicação e a pressão por custos têm incentivado o investimento maciço no desenvolvimento distribuído de software (DDS)<sup>1</sup>. Mesmo que a ES ainda não seja uma disciplina madura (Carmel, 1999), as melhorias nas ferramentas e métodos nas últimas décadas têm permitido que grupos distribuídos, com diferentes expectativas, possam formar uma equipe para trabalhar em um mesmo projeto. Por isso, visando reduzir custos, ter maior qualidade no processo de desenvolvimento e obter recursos em âmbito global (Carmel, 1999), muitas organizações começaram a investir em DDS.

Estas mudanças estão causando um grande impacto não apenas no mercado propriamente dito, mas na maneira como os produtos de software estão sendo criados, modelados, construídos, testados e entregues para os clientes. O DDS tem atraído um grande número de pesquisas na área de ES (Kiel, 2003; Herbsleb et. al., 2001; Carmel, 1999). Os engenheiros de software têm reconhecido a grande influência desta nova forma de trabalho no seu dia-a-dia e estão em busca de modelos que facilitem o desenvolvimento de software com equipes geograficamente distantes. Alguns estudos (Kiel, 2003; Vogel et. al., 2001) observam uma dificuldade de executar e monitorar projetos em ambientes de DDS devido a fatores não-técnicos tais como fatores sociais, culturais, comportamentais, psicológicos, lingüísticos e políticos (confiança, diferenças culturais, idioma, entre outros). Por outro lado, outros estudos (Lopes, 2004; Prikladnicki et al., 2003) observam estas mesmas dificuldades devido a fatores técnicos (gerência de projeto, processo de desenvolvimento de software, complexidade e tamanho de projetos, tecnologia e infra-estrutura de comunicação, entre outros).

Esta área de pesquisa apresenta grandes desafios e muitas lacunas a serem preenchidas. Desde 2001, quando se iniciou a pesquisa em DDS no Programa de Pós-Graduação em Ciência da Computação (PPGCC) da Faculdade de Informática (FACIN) da PUCRS, surgiram muitos questionamentos sobre as características do DDS, a relação com outras áreas do conhecimento e os desafios de se realizar pesquisas científicas nesta área. Ao longo dos últimos quatro anos foram desenvolvidas algumas dissertações de mestrado e projetos de pesquisa com empresas na área de DDS (Evaristo, 2005; Lopes, 2004; Prikladnicki et. al., 2004; Prikladnicki et al., 2003; Zaroni, 2002), dentro da linha de Sistemas de Informação do PPGCC, culminando com a criação do Grupo de Pesquisa em Desenvolvimento Distribuído de Software (MuNDDoS), em 2004.

A análise destes projetos nos permitiu concluir que, devido a sua característica e os desafios envolvidos, o DDS é uma área que envolve o estudo e a integração entre diversas disciplinas e áreas do conhecimento<sup>2</sup>, tais como Ciência da Computação, Administração, Educação, Psicologia, Sociologia, entre outras. De acordo com Herbsleb (Herbsleb, 2005), não apenas o DDS, mas a Ciência da Computação como um todo necessita de uma abordagem que envolva a intersecção com outras disciplinas, de forma interdisciplinar. Na visão deste autor, o futuro da Ciência da Computação passa pela necessidade de envolver outras disciplinas em pesquisas realizadas nesta área. Segundo

---

<sup>1</sup> A área de DDS apresenta diversos conceitos que muitas vezes são considerados sinônimos. Para minimizar a confusão entre os termos, este trabalho considera o DDS como sendo a área em geral, e o Desenvolvimento Global de Software como sendo o DDS caracterizado em nível global.

<sup>2</sup> Seguindo as definições do PPGCC, adotamos neste trabalho a pesquisa em DDS como sendo parte da área de Engenharia de Software, que por vez faz parte da linha de Sistemas de Informação, dentro da grande área da Ciência da Computação.



ele, apenas computação não é suficiente. Por ser complexo, modificável e abstrato o software desafia constantemente a capacidade humana. Desta forma, para fomentar o progresso da área é necessário entendê-la também do ponto de vista da cognição humana, das práticas sociais e da cultura.

Voltando a falar especificamente da área de DDS, está é uma área que envolve o estudo multidisciplinar da teoria de diversas outras áreas, de modo a contribuir com a ainda pequena, mais crescente base de conhecimento sobre desenvolvimento distribuído de software. Mas existem incertezas sobre qual é de fato a relação entre DDS e outras áreas ou disciplinas. Por isto, o objetivo deste trabalho é explorar a construção do conhecimento e a complexidade na área de ES, procurando entender como as pesquisas disciplinar, interdisciplinar, multidisciplinar e transdisciplinar, contribuem para o contexto aqui descrito, à luz da Teoria da Complexidade.

Este artigo está estruturado da seguinte forma: a seção 2 apresenta os conceitos relacionados à construção do conhecimento em Engenharia de Software, caracterizando as pesquisas disciplinar, interdisciplinar, multidisciplinar e transdisciplinar. A seção 3 aborda a Teoria da Complexidade. A seção 4 apresenta uma análise crítica, relacionando construção do conhecimento e complexidade, e a seção 5 apresenta as conclusões.

## 2. Construção do Conhecimento em Engenharia de Software

O estudo isolado de diferentes disciplinas pode levar à especialização sem limites, provocando uma dificuldade na construção de um verdadeiro diálogo entre especialistas de diversas áreas. Desta forma, como um especialista em informática e um biólogo poderão conversar sobre suas disciplinas? Mesmo considerando-se grandes áreas, como seria o diálogo entre alguém da área de Ciências Exatas e das Ciências Humanas? Dito isto, a percepção da ausência de vínculos entre as diversas disciplinas, mas ao mesmo tempo a indispensável necessidade de pontes entre as diferentes disciplinas teve como consequência o aparecimento de estudos multidisciplinares e interdisciplinares na metade do século XX (Nicolescu et. al., 2000). Desta forma, o crescimento sem precedente dos conhecimentos em nossa época torna legítima a questão da adaptação das mentalidades a este novo cenário. Segundo Nicolescu (Nicolescu et. al., 2000), os desafios são grandes, e cada vez mais se exige competências cada vez maiores.

É importante salientar que, de acordo com Junior (Junior, 1999), muitas vezes costuma-se apresentar a oposição entre especialistas e generalistas, sendo estes últimos os que se dedicam ao estudo abrangente de muitas disciplinas. Neste caso, os defensores da especialização argumentam que o generalista se dedica a conhecer tantas coisas que só poderá fazê-lo superficialmente ao passo que o especialista é aquele que de fato aprende e faz. Por sua vez, os defensores do generalista dizem que os especialistas, cada vez mais, conhecem mais sobre cada vez menos e chegarão ao ponto de conhecer tudo sobre nada. Isto é corroborado por Nicolescu (Nicolescu et. al., 2000), que entende que a soma dos melhores especialistas em suas especialidades gera uma incompetência generalizada, pois a soma das competências não é a competência: segundo este autor, no plano técnico, a intersecção entre os diferentes campos do saber é um conjunto vazio.

Por isso, a necessidade de pontes entre as diferentes disciplinas traduziu-se pelo surgimento da multidisciplinaridade e da interdisciplinaridade. Segundo Fazenda (Fazenda, 1998), o termo *multi* está associado à palavra justaposição, enquanto que *inter*



está associado à integração. Desta forma, a seguir apresentamos os conceitos relacionados com a multi, a inter e a transdisciplinaridade e suas variações.

Todos os termos estão relacionados ao termo de origem, disciplina, que segundo Jantsch (Jantsch et. al., 1995), é um domínio particular de conhecimento, uma matéria de ensino, ou ainda um conjunto de regras de conduta impostas aos integrantes de uma coletividade para assegurar o bom funcionamento da organização social. De acordo com Fazenda (Fazenda, 1998), disciplina tem diversos significados, entre eles: ordem que convém ao funcionamento regular de uma organização; qualquer ramo do conhecimento (artístico, científico, histórico, etc.); ensino, instrução, educação; conjunto de conhecimentos em cada cadeira de um estabelecimento de ensino.

Em todas as definições, têm-se três entendimentos fundamentais: o primeiro, traduzindo o sentido comum de um campo específico ou particular de conhecimento, que na linguagem comum está contido na idéia genérica de matéria de conhecimento. O segundo, revelado na postura de obediência e submissão do homem a regras de conduta que entende como válidas (autodisciplina) e as adota como método de comportamento. Por fim, o terceiro, que envolve regras e códigos comportamentais específicos e próprios de certas coletividades, tais como militares, religiosas ou filosóficas.

Para ilustrar a relação entre as disciplinas, o modelo de Jantsch (Silva, 1999) apresenta as disciplinas como um sistema, cada uma com suas configurações, seus objetivos e complexidades, acrescentando ainda o conceito da pluridisciplinaridade, que é muito similar ao conceito da multidisciplinaridade (Figura 3). Uma revisão do modelo de Jantsch é apresentada por Silva (Silva, 1999), ilustrando as diferentes pesquisas entre disciplinas e o modo de produção de conhecimento de cada uma delas (Figura 4). Neste novo modelo, surge o conceito do unidisciplinar, e é excluído o conceito de pluridisciplinar, devido a sua similaridade com o conceito de multidisciplinar.

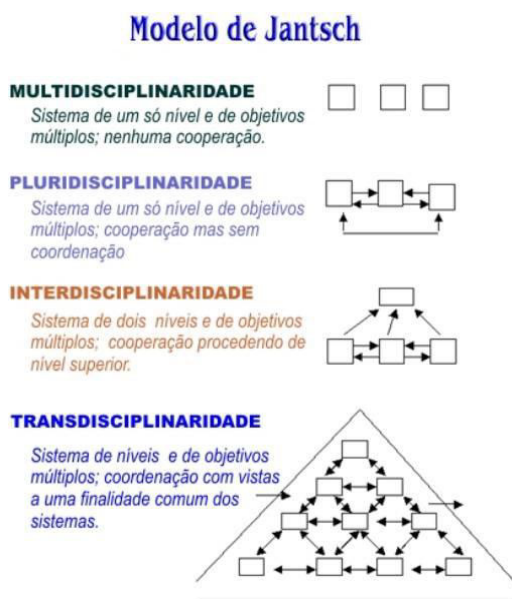


Figura 1 – O modelo de Jantsch (Silva, 1999).

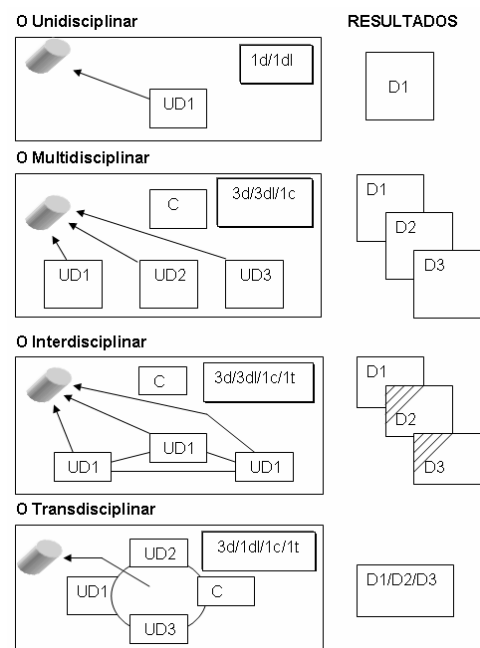


Figura 2 – Produção de conhecimento entre as disciplinas



Segundo Schneider (Schneider, 2001), a pesquisa **disciplinar** diz respeito a um conjunto específico de conhecimentos; a pesquisa **multidisciplinar** diz respeito a justaposição de diversas disciplinas, às vezes sem relação aparente, ou sem que se manifestem explicitamente as relações que possam existir entre elas (ex: música, matemática e história); a pesquisa **pluridisciplinar** diz respeito a justaposição de diversas disciplinas, onde existe uma relação complementar entre elas, com conhecimentos mais ou menos aparentes (ex: física e matemática); a pesquisa **interdisciplinar** envolve as interações existentes entre duas ou mais disciplinas, num esforço de comunicação e de procura de um ponto comum, onde muitas vezes pode resultar em um novo corpo disciplinar (como por exemplo, a Bioquímica); por fim, a pesquisa **transdisciplinar** é o grau máximo de relação entre as disciplinas, onde existe a efetivação de um ponto axiomático comum a um conjunto de disciplinas, buscando o encontro e transposição dos pontos em comum, tendo como objetivo a constituição de uma ciência que explique a realidade sem fragmentações.

Considerando a revisão do modelo de Jantsch (Figura 4), o Unidisciplinar está representado pelo objeto (cilindro no canto superior esquerdo), sendo observado por apenas um universo disciplinar (UD1), determinado por uma única dimensão de realidade e um único domínio lingüístico (1d/1dl). Como resultado deste modo de produção, tem-se um único texto (D1).

O Multidisciplinar está representado pelo objeto, sendo observado por vários universos disciplinares (UD1/UD2/UD3), determinando, neste exemplo, três dimensões de realidade, cada uma com seus respectivos domínios lingüísticos, justapostos pelo trabalho de revisão de um coordenador (3d/3dl/1c). Como resultado, tem-se três textos (D1/D2/D3). Neste modo não há cooperação entre as disciplinas, mas há coordenação.

O Interdisciplinar tem o mesmo plano do multidisciplinar, só que agora existe a integração dos respectivos domínios lingüísticos de cada disciplina. Esta integração é permitida, facilitada e orientada pela existência de uma temática comum a todas as disciplinas, com a qual elas deverão observar o objeto (3d/3dl/1c/1t). Como resultado, tem-se três textos (D1/D2/D3), porém cada um refletindo parte da realidade com o domínio lingüístico das outras disciplinas. Aqui exige-se coordenação e cooperação entre as disciplinas.

Por fim, o Transdisciplinar busca a construção de um único domínio lingüístico, a partir da identificação de zonas de não resistência epistêmica entre as disciplinas (3d/1dl/1c/1t). Como resultado, tem-se a produção de um único texto (D1/D2/D3), capaz de refletir as diversas dimensões da realidade. Este modo exige também a cooperação e a coordenação entre as disciplinas, mas com o objetivo de transcendê-las.

## 2.1. A Relação das Diversas Formas de Pesquisa entre as Disciplinas

Conforme mencionado anteriormente, a pesquisa envolvendo diversas disciplinas pode ser caracterizada de diversas maneiras. Cada uma delas representa uma abordagem diferente, com resultados diferentes. De forma a sintetizar melhor a relação das disciplinas em um contexto real, procurou-se caracterizá-las através de um exemplo de construção de currículos acadêmicos e os conhecimentos envolvidos. Cabe ressaltar que no âmbito de uma pesquisa científica, o raciocínio a ser feito é o mesmo.



Assim, sendo o mundo tão grande e complexo, seu conhecimento é feito pelas partes. E foi essa idéia, de que a fragmentação facilita a compreensão do conhecimento científico, que orientou a elaboração dos currículos básicos em um número de disciplinas consideradas indispensáveis à construção do saber escolar. Tal simplificação, por outro lado, complicou a compreensão de fenômenos mais complexos. A solução para o problema foi relacionar as várias disciplinas do currículo.

Segundo Piaget, citado por Nicolescu (Nicolescu, 1999), as relações entre as disciplinas podem ocorrer em três níveis: multidisciplinaridade, interdisciplinaridade e transdisciplinaridade. Na multidisciplinaridade, recorremos a informações de várias matérias para estudar um determinado elemento, sem a preocupação de interligar as disciplinas entre si. Assim, ao analisar uma pintura renascentista, podemos usar dados vindos da História, da Química e da Educação Artística. A História conta, por exemplo, quando foi o período chamado Renascimento. A Química descreve a composição do material usado na pintura. A Educação Artística lida com seus aspectos estéticos — as cores usadas, a disposição dos elementos na tela e daí por diante. Neste caso, cada matéria contribuiu com informações pertinentes ao seu campo de conhecimento, sem que houvesse uma real integração entre elas. Essa forma de relacionamento entre as disciplinas é a menos eficaz para construir conhecimento.

Na interdisciplinaridade, estabelecemos uma interação entre duas ou mais disciplinas. No exemplo anterior, haveria interdisciplinaridade se, ao estudar a pintura, relacionássemos o contexto histórico do Renascimento com os temas usados pelos artistas de então e sobre as técnicas empregadas por eles. A análise do material utilizado na pintura poderia ser ampliada para um estudo do desenvolvimento tecnológico ao longo do tempo. O ensino baseado na interdisciplinaridade proporciona uma aprendizagem mais estruturada e rica, pois os conceitos estão organizados em torno de estruturas conceituais e metodológicas compartilhadas por várias disciplinas.

Na transdisciplinaridade, a cooperação entre as várias matérias é tanta, que não dá mais para separá-las: acaba surgindo uma nova "macrodisciplina". Um exemplo são as grandes teorias explicativas do funcionamento das sociedades. Esse seria o estágio de cooperação entre as disciplinas mais difícil de ser aplicado na escola, pois há sempre a possibilidade de uma disciplina "imperialista" sobrepor-se às outras.

Como no caso da disciplinaridade, a pesquisa transdisciplinar não é antagônica, mas complementar à pesquisa multidisciplinar e interdisciplinar. A transdisciplinaridade é, contudo, radicalmente distinta da multidisciplinaridade e da interdisciplinaridade porque sua meta, a compreensão do mundo presente, não pode ser alcançada dentro do quadro de referência da pesquisa disciplinar. Se a transdisciplinaridade é confundida com a interdisciplinaridade e com a multidisciplinaridade (e pelo mesmo motivo, notamos que interdisciplinaridade é confundida com multidisciplinaridade) isso é explicado pelo fato de que as três ultrapassam as fronteiras disciplinares. Essa confusão é muito prejudicial na medida em que escondem as diferentes metas dessas abordagens.

### **3. A Construção do Conhecimento sob a ótica da Teoria da Complexidade**

Antes de falar sobre a complexidade é importante deixar claro que falar de teoria da complexidade, paradigma da complexidade ou pensamento completo é falar do mesmo tema. Mas segundo Chaves (Chaves, 2005), Edgar Morin prefere usar a expressão



pensamento complexo. Segundo Francelin (Francelin, 2003), a complexidade proposta por Edgar Morin se refere a um conjunto de eventos, principalmente aqueles ligados à área científica, que ocorreram no final do século XIX e que foram sendo debatidos, combatidos e assimilados no decorrer do século XX.

Cronologicamente, primeiro tem-se a revelação de que existem fenômenos que não se consegue explicar. O próprio ser humano é um deles, o universo também, a vida e a morte, etc. Depois, descobre-se que o mundo pode ser um sistema (através da TGS – Teoria Geral dos Sistemas de von Bertalanffy), e que suas partes (componentes) não estão nem podem ser vistas e estudadas sem a compreensão e aceitação do todo onde figuram (Bertalanffy, 1975). Claro que não se pode explicar de maneira lógica as relações deste todo e de suas partes e vice-versa. É por isso que se chama pensamento complexo, pois parece não haver uma lógica para estas relações aparentemente sistêmicas. Isto Morin (Morin, 2002) denomina como sendo a “ordem dentro da desordem” ou a “certeza da incerteza”, e é por este motivo que se chama complexidade.

A problemática da complexidade ainda é marginal no pensamento científico, no pensamento epistemológico e no pensamento filosófico (Morin, 2002). Mas durante muito tempo, acreditava-se que o erro das ciências humanas e sociais era o de não poder se livrar da complexidade aparente dos fenômenos humanos. Assim, não era possível ter nas ciências humanas o que existia nas ciências naturais: leis e princípios simples, onde a principal característica era o determinismo. Atualmente, se percebe também uma crise na explicação simples das ciências biológicas e físicas. E o que parecia ser característica apenas das ciências humanas (a incerteza, a desordem, a contradição, a complicação), faz parte de uma problemática geral do conhecimento científico.

Segundo Morin (Morin 2002), a complexidade traz alguns mal-entendidos fundamentais para a sua compreensão. O primeiro deles consiste em conceber a complexidade como receita, como resposta, em vez de considerá-la como desafio e como uma motivação para pensar. O segundo consiste em confundir a complexidade com a completude. Segundo o autor, o problema da complexidade não é da completude, mas da incompletude de conhecimento. Desta forma, o pensamento complexo tenta dar conta daquilo que os tipos de pensamento mutilante (pensamento que se engana pois não é capaz de ordenar as informações e os saberes) se desfaz. Como exemplo, se tentarmos pensar no fato de que somos seres ao mesmo tempo físicos, biológicos, sociais e culturais, a complexidade é aquilo que tenta conceber a articulação, a identidade e a diferença de todos esses aspectos, enquanto o pensamento simples separa esses diferentes aspectos, ou os unifica por uma redução mutilante. Desta forma, a ambição da complexidade é evidenciar o conhecimento multidimensional, articular entre as disciplinas, entre categorias cognitivas e entre tipos de conhecimento. A complexidade não quer dar todas as informações sobre um fenômeno estudado, mas respeitar suas diversas dimensões. Assim, o pensamento complexo comporta um princípio de incompletude e de incerteza.

Segundo Demo (2002), a complexidade pode ser caracterizada por algumas características. Entre elas, podemos destacar o fato de ser DINÂMICA, no sentido de possuir um caminho criativo, imprevisível, que está além do que poderíamos vislumbrar em um determinado momento, ultrapassando o horizonte do conhecido; e NÃO LINEAR, no sentido de ultrapassar a noção de simples organização das partes, para



atingir modos de ser. Não basta a noção sistêmica, que desde sempre previu que o todo possui capacidade de reorganização das partes. A falta de certas partes não precisa inviabilizar o todo. De certas partes é possível reconstruir o todo. O equilíbrio sistêmico tende a se impor. A não linearidade implica equilíbrio em desequilíbrio, mudando não de forma linear, previsível e controlado, mas sendo criativo, surpreendente e arriscado.

Segundo o mesmo autor, conhecimento e aprendizagem são atividades humanas que deveriam expressar processos não lineares, apesar de muitas vezes a prática não corresponder a isto. Do ponto de vista da complexidade do conhecimento, este geralmente é transmitido por meio de processos instrucionistas ostensivos, onde ao final apenas se reconhece a assimilação da carga curricular prevista. Mas por outro lado não se sabe pensar, nem trabalhar com o conhecimento que se adquiriu e tão pouco inovar o seu próprio conhecimento. Desta forma, Demo (Demo, 2002) considera que deve haver um esforço no sentido de trabalhar a não linearidade do conhecimento.

Do ponto de vista da complexidade da aprendizagem, esta muitas vezes também é tratada como atividade linear, de cima para baixo e de fora para dentro. Em uma aula reprodutiva, o professor ensina e o aluno aprende, cada um no seu lugar. E Demo (Demo, 2002) também sugere que o ideal seria adotar uma postura não linear complexa para a aprendizagem. Desta forma, haveria a oportunidade de trabalhar não apenas a abordagem instrucionista do conhecimento e da aprendizagem, mas ir mais além, extrapolando a fronteira do que é ensinado e buscando, de forma pró-ativa, uma maior riqueza na abordagem de fenômenos que necessitam gerar conhecimento e aprendizagem que vão além das fronteiras das disciplinas. Para isto, é necessário entender a visão sistêmica da complexidade, onde é imprescindível a compreensão da multidimensionalidade da realidade estudada e sua organização, considerando o todo e suas partes. Assim, Morin (Morin, 2002) diz que o todo pode ser mais do que a soma das partes (faz surgir qualidades no todo, que só existem pois estão presentes nas partes); pode ser menos do que a soma das partes (sob o efeito das coações resultantes da organização do todo, inibindo algumas das qualidades ou propriedades); ou pode ser mais do que o todo (o todo enquanto todo retroage sobre as partes, que por sua vez retroagem sobre o todo).

#### **4. Análise Crítica**

Segundo Demo (Demo, 2002), o conhecimento “disciplinarizado” deve ser superado, pois segundo o autor, este tipo de conhecimento reduz a realidade ao olhar de apenas uma disciplina. Um sociólogo que só sabe sociologia, certamente, o que menos sabe é sociologia, pois sequer manifesta mínima autocrítica de que o conhecimento da sociologia pode envolver outras disciplinas. Ou ainda, segundo Demo (Demo, 2002), a restrição de manter nos departamentos apenas professores da mesma área, e assim produzir uma teoria monótona e oficial, abandona a possibilidade da dialética complexa do argumento. Desta forma, o que se busca é a integração entre as disciplinas de forma a trabalhar conceitos relevantes para uma área do conhecimento, utilizando-se de contribuições de diversas outras áreas. A grande maioria dos autores pesquisados aborda a incorporação da temática da complexidade e da perspectiva sistêmica para o aprofundamento em torno das diferentes estratégias de integração disciplinar.





Segundo Morin (Morin, 2002) é muito difícil separar a idéia de pensamento complexo da de transdisciplinaridade. Isto ocorre pois o pensamento complexo se elabora nos interstícios entre as disciplinas, a partir do pensamento de matemáticos, físicos, biólogos e filósofos. O pensamento complexo lida com a incerteza, e a idéia fundamental é a da unidade do conhecimento. A idéia não é saber de tudo, mas também não é ficar acomodado na sua própria disciplina. Ainda segundo o autor, a complexidade é uma palavra problema e não uma palavra solução. Já segundo Chaves (Chaves, 2005), é possível considerar a complexidade como mais abrangente que a transdisciplinaridade. A complexidade seria a expressão adequada para tratar o mundo real tal como ele é, onde tudo é parte de tudo. Já a transdisciplinaridade seria utilizada na parte do mundo real que trata do conhecimento, de sua organização em disciplinas, das superposições e espaços vazios entre elas. A complexidade estaria para o mundo real, assim como a transdisciplinaridade estaria para o mundo acadêmico. Desta forma a complexidade inclui a transdisciplinaridade.

A complexidade é a nova perspectiva através da qual o novo conhecimento deve ser procurado. E essa é a grande barreira que Morin vem levantando, instigando as pesquisas de um novo saber e apontando o pensamento complexo e o método transdisciplinar como possíveis caminhos de busca. Segundo ele, não há dúvida de que esse é o grande problema do Ensino e da Pesquisa nos dias atuais: o do conhecimento a ser descoberto, não mais isolado, mas sim com as suas complexas relações com o contexto a que pertence. Para ilustrar, apresentamos alguns exemplos na área de ES:

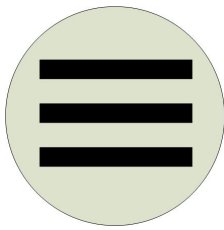
Exemplo 1 - pesquisa em engenharia de requisitos (ER): ensinar ou pesquisar ER nos dias atuais não pode ocorrer sem a complementação de conceitos vindos de outras áreas do conhecimento, tais como a psicologia, administração e educação.

Exemplo 2 – pesquisa em gestão de projetos distribuídos de software: assim como o exemplo anterior, estudar ou ensinar gestão de projetos distribuídos de software não é possível se focarmos apenas os conceitos dentro da própria área. É necessário um intercâmbio com conceitos advindos da sociologia, da psicologia, entre outras áreas.

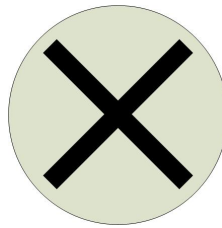
Com base nestes exemplos, conclui-se que a necessidade de buscar não apenas o conhecimento isolado, mas também suas relações, é um dos impactos do pensamento de Morin. Quando tentamos assumi-lo, acabamos criando um verdadeiro desafio à nossa capacidade de elaborarmos o nosso conhecimento, seja no sentido de organizarmos, em "sínteses provisórias", a avalanche de informações que chegam por todos os lados; seja nas incertezas, que nos lançam em dúvida, quanto à validade ou não do próprio processo de conhecer, que a nova ótica (imposta pela complexidade dos fenômenos) trouxe.

#### **4.1. Um Modelo para Representar a Construção do Conhecimento**

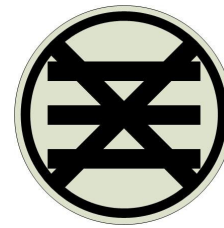
De modo a sintetizar os conceitos de multi, inter e transdisciplinaridade revisados na literatura, propõe-se um modelo de representação das diferentes relações entre as disciplinas apresentadas nas seções anteriores (Figuras 3, 4 e 5).



**Figura 3 –  
Multidisciplinar**



**Figura 4 –  
Interdisciplinar**



**Figura 5 –  
Transdisciplinar**

A partir da figura 3, entende-se que uma pesquisa multidisciplinar ocorre quando um objeto de estudo é explorado sob a ótica de várias disciplinas independentes, sem relação aparente entre os resultados e sem a necessidade de haver uma integração. Do ponto de vista de uma pesquisa interdisciplinar (Figura 4), entende-se que ela ocorre quando a pesquisa de um objeto de estudo envolve a integração de várias disciplinas. Esta integração agrega valor ao resultado final, uma vez que busca contextualizar melhor o problema. O objetivo é entender que muitas vezes é preciso não apenas de especialistas de várias disciplinas para estudar o objeto em questão, mas também uma integração entre as várias disciplinas. Por fim, e ao contrário dos outros tipos de pesquisa, a pesquisa transdisciplinar (Figura 5) vai além da sua disciplina. O objetivo é não apenas incentivar a integração com outras disciplinas, mas sim entender e buscar conhecimentos, tornando-se um especialista de mais de uma disciplina. Em outras palavras, o objetivo é complementar a formação que um pesquisador não tem, e que a sua área não é capaz de fornecer, mas ao mesmo tempo é importante para o trabalho na sua área de origem e para apresentar os resultados esperados.

Uma outra forma de abordar o modelo proposto é visualizá-lo como se as disciplinas ou áreas do conhecimento fossem trilhos de trem. Desta forma, na proposta multidisciplinar, cada trilho é independente do outro, e não existe ligação entre os trilhos. Na proposta interdisciplinar, apesar de cada trem possuir o seu trilho, em alguns momentos pode haver uma intersecção entre trilhos diferentes. Eventualmente um trem pode precisar passar por cima de um trilho que não é o seu, mas faz parte do caminho, e, portanto deve ser de conhecimento do motorista. Por fim, a proposta transdisciplinar prevê que um trem possua um trilho, mas as opções de cruzamentos são tantas que ao final um trilho acaba sendo utilizado por vários trens. Ou ainda, um trem acaba cruzando diversos trilhos, fazendo com que não exista um caminho específico e definido para cada trem. O que existe são caminhos e opções de cruzamento que fazem com que um trem esteja no seu trilho e ao mesmo tempo possa estar em diversos outros.

## 5. Considerações Finais

Segundo Herbsleb (Herbsleb, 2005), em torno de duas décadas atrás, pesquisadores de ES diziam que certas dificuldades de desenvolver software surgiam da própria natureza da atividade. Na visão do autor, quanto mais profundo é o entendimento do desenvolvimento de software, mais se enxerga as verdadeiras dificuldades envolvidas. E geralmente se buscam respostas apenas dentro da Ciência da Computação.

Mas identificar a utilidade da Ciência da Computação para a ES é fazer o óbvio. Segundo o mesmo autor, isto não é suficiente para executar as atividades com sucesso.



Ele entende que é necessário um entendimento não apenas das propriedades e comportamento do software, mas também dos engenheiros de software, da equipe de desenvolvimento e das organizações envolvidas. O fato de ser complexo, ser abstrato e constantemente modificado faz com que o software seja um grande desafio para a capacidade humana. E o entendimento destes desafios é crítico para o progresso da área.

Assim, a medida que exploram em detalhes as diversas facetas das atividades envolvidas na construção de um software, os pesquisadores acabam tornando inevitável a necessidade de intersecção com outras disciplinas (Herbsleb, 2005). Mas muitas vezes não existe abertura para buscar respostas em outras disciplinas. Entre as possíveis causas para que isto ocorra, está a falta de conhecimento para atuar em projetos interdisciplinares, ou ainda a falta de formação específica para este tipo de trabalho.

Desta forma, normalmente a disciplina tende a se fechar em si mesma, sem a possibilidade de explorar outras disciplinas que podem contribuir na solução dos problemas em estudo. Para evitar que isto ocorra, é necessário alterar a cultura já estabelecida na compreensão do conhecimento. Assim, o pensamento complexo e o pensamento sistêmico surgem como possíveis alternativas para tratar problemas que, devido as suas características e variáveis envolvidas, tornam-se complexos. Uma das formas de se aprofundar em torno das questões envolvendo a integração disciplinar é adotar alguns princípios da teoria da complexidade e da abordagem sistêmica. Segundo Morin (Morin, 2002), o pensamento complexo se elabora nos interstícios entre as disciplinas e seria a nova perspectiva através do qual o novo conhecimento deve ser procurado. E uma das formas é enxergar o conhecimento, não isolado, mas com suas relações e suas partes, incluindo assim, uma perspectiva sistêmica (Bertalanffy, 1975).

Dentro da ES, o DDS talvez seja uma das formas de desenvolvimento de software onde é mais clara a necessidade de uma maior interação entre as disciplinas, devido aos aspectos não-técnicos envolvidos. As dificuldades encontradas nas atividades envolvidas em no DDS fazem com que novos questionamentos apareçam com grande importância. Dentre eles, destacam-se os seguintes:

- Será que a busca de contribuições em áreas relacionadas tais como a Administração, a Sociologia e a Psicologia, podem realmente contribuir para as soluções das principais dificuldades existentes em DDS?

- A adoção de uma abordagem sistêmica que contemple a complexidade existente, pode descaracterizar a pesquisa como sendo da área da Ciência da Computação?

Em relação ao primeiro questionamento, no DDS alguns problemas possuem uma relação direta com outras disciplinas. Desta forma, entende-se que é necessário um maior esforço interdisciplinar para pesquisar e buscar respostas aos principais problemas que a área enfrenta. Uma maneira de agir é reconhecer a importância de uma abordagem interdisciplinar, onde há uma integração entre as diversas disciplinas envolvidas, com troca de experiências. Mas isto não é tão simples, pois apesar de necessária, a própria aceitação desta postura não é um consenso na Ciência da Computação, e conseqüentemente na Engenharia de Software.

Em relação ao segundo questionamento, o estudo dos fenômenos na área de DDS tem se mostrado de uma forma bastante complexa. O simples uso de técnicas



advindas da Ciência da Computação não tem se mostrado suficiente para propor soluções completas, que englobem todo o contexto das dificuldades vivenciadas pelas equipes de desenvolvimento neste cenário. Desta forma, enxergar o DDS como um problema complexo surge como uma tentativa de resposta para estas dificuldades. E justamente para não desviar o foco da área, acredita-se que é possível tratar as questões de pesquisa tendo como base o pensamento sistêmico. Assim, pode-se visualizar a área como um sistema maior, onde suas partes são as diferentes disciplinas envolvidas, e a complexidade inerente. Acredita-se que o uso de uma abordagem sistêmica caracteriza a pesquisa em DDS como fazendo parte do escopo da Ciência da Computação. Além disso, o que caracteriza a área é antes de tudo o problema proposto. Uma vez que os problemas são inequivocamente da área de ES, a adoção da Teoria Geral dos Sistemas e da Teoria da Complexidade representa somente os meios para encontrar a solução, não descaracterizando a área em si, mas sim ampliando as possibilidades de estudo.

Em suma, apesar das barreiras existentes, a tendência na área de ES é que tenhamos pesquisas cada vez mais interdisciplinares, pela natureza das atividades envolvidas. É possível em muitos casos avançar na busca de soluções e ultrapassar o limite de uma única disciplina. E o que se pretende não é anular a contribuição de cada disciplina em particular, mas que se reconheça a importância de outros conhecimentos em um processo de pesquisa. O que se busca é ampliar a base de competências necessárias para se realizar pesquisa no contexto atual. O domínio da sua área de especialidade é um pré-requisito do pesquisador. No entanto, isto não é mais suficiente.

## 6. Referências Bibliográficas

- von Bertalanffy, L. “Teoria Geral dos Sistemas”. Rio de Janeiro: Editora Vozes, 1975, 2ª edição, 315p.
- Carmel, E. “Global Software Teams – Collaborating Across Borders and Time-Zones”. US: Prentice Hall, 1999.
- Chaves, M. M. “Complexidade e Transdisciplinaridade: Uma Abordagem Multidimensional do Setor Saúde”. Laboratório de Estudos e Pesquisas Transdisciplinares. Capturado em <http://www.ufrj.br/leptrans/>, Agosto de 2005.
- Demo, P. “Complexidade e Aprendizagem: a dinâmica não linear do conhecimento”. São Paulo: Editora Atlas, 2002. 195p.
- Evaristo, R., Audy, J. L. N., Prikladnicki, R., Pilatti, L., Lopes L. “Innovation in Information Systems Education-V: The Management of Outsourcing: Development of a Module with Implications for the IT Curriculum”. Communications of the Association for Information Systems, Volume 15, Article 21, Feb. 2005.
- Fazenda, I. C. A. (Org.). “Didática e Interdisciplinaridade”. Campinas: Papyrus, 1998, 8ª edição, 192p.
- Francelin, M. M. “A Epistemologia da Complexidade e a Ciência da Informação”, Ciência da Informação, vol. 32, no. 2, 2003, pp. 64-48.
- Herbsleb, J. D., Moitra, D. ”Guest Editors' Introduction: Global Software Development”, IEEE Software, vol. 18, no. 2, March/April 2001, pp. 16-20.



- Herbsleb, J. D. “Beyond Computer Science”. In: Proc. 27<sup>th</sup> International Conference on Software Engineering (ICSE), 2005, St. Louis, Missouri, EUA, pp. 23-27.
- Jantsch, A. P., Bianchetti, L. (Orgs). “Interdisciplinaridade: Para além da Filosofia do Sujeiro”. Editora Vozes, 1995, 6ª edição, 204p.
- Junior, A. P. “A Pesquisa Científica Transdisciplinar em Informática: Situação, Fronteiras e Perspectivas. A Formulação de Projetos de Pesquisa”. Propesp/UFPA, 1999, Capturado em <http://www.inf.ufpa.br/textos/texto0001.htm>, Agosto de 2005.
- Kiel, L. “Experiences in Distributed Development: A Case Study”. In: Workshop on Global Software Development at ICSE, 2003, Oregon, EUA, 4p.
- Lopes, L. “Um Modelo de Processo de Engenharia de Requisitos para Ambientes de Desenvolvimento Distribuído de Software.” PPGCC - FACIN - PUCRS, 2004. (Dissertação de Mestrado), Porto Alegre, RS, Brasil.
- Morin, E. “Ciência com Consciência”. Bertrand Brasil, 2002. 6ª edição, 350p.
- Nicolescu, B. ”O Manifesto da Transdisciplinaridade”. São Paulo: Triom, 1999.
- Nicolescu, B., Pineau, G., Maturana, H., Random, M., Taylor, P. ”Educação e Transdisciplinaridade”. Brasília: Edições UNESCO, 2000, 185p.
- Pfleeger, S. L. “Engenharia de Software: Teoria e Prática”. São Paulo: Prentice Hall, 2004, 2ª edição, 537p.
- Prikladnicki, R., Audy, J. L. N., Evaristo, J. R. ”Global Software Development in Practice: Lessons Learned” Journal of Software Process: Improvement and Practice, Wiley, vol. 8, no. 4, October-December 2003, pp. 267-281.
- Prikladnicki, R., Audy, J. L. N. “MuNDDoS: Um Modelo de Referência para Desenvolvimento Distribuído de Software”. In: Proc. of 18º Simpósio Brasileiro de Engenharia de Software (SBES), 2004, Brasília, Brasil.
- Schneider, E. J. “Procedimentos para Elaboração de um Projeto Transdisciplinar Utilizando o Laboratório de Informática”, Dissertação de Mestrado, Pós-Graduação em Engenharia de Produção, UFSC, 2001, 121p.
- Vogel, D., Davison, R., Shroff, R., Qureshi, S. “Sociocultural Learning in Globally Distributed Teams”. In: Informing Science Conference, 2001, Polônia.

---

<sup>i</sup> Estudo realizado pelo grupo de pesquisa em Desenvolvimento Distribuído de Software, do PDTI, financiado pela Dell Computadores do Brasil Ltda., com recursos da Lei Federal Brasileira nº 8.248/91.

