INTRODUÇÃO À ENGENHARIA DE SOFTWARE EXPERIMENTAL

Profs. Rosana Braga e Paulo C. Masiero
ICMC-USP 1º. 2017

Agenda

- 1. Motivação
- 2. Conceitos Básicos
- 3. Engenharia de Software Experimental

Motivação

- Revolução na tecnologia da informação: Software faz parte da maioria dos produtos
- Dificuldades no desenvolvimento: processo criativo
  - Funcionalidades faltando, custos excedidos, prazos não cumpridos e qualidade baixa
- Surge a Engenharia de Software:
  - IEEE [84] *"software engineering means application of a systematic, disciplined, quantifiable approach to development, operation and maintenance of software"*

O Que é Engenharia de Software ?

- Engenharia de software é a disciplina que estuda o desenvolvimento e a manutenção de software em escala industrial.
  - Processos
  - Técnicas
  - Métodos
  - Ferramentas
- ... para gerência, desenvolvimento, manutenção, reengenharia (etc.) de software

Algumas Necessidades Fundamentais em Engenharia de Software ...

- Adotar novas tecnologias
- Testar se uma nova tecnologia é útil
- Avaliar o impacto de uma tecnologia

COMO DECIDIR O QUE FAZER?

- *Perguntar a um perito*
- *Pesquisar na literatura*
- *Seguir a prática da indústria, ou ....*
- *Realizar um experimento*

Engenharia de Software Experimental

O Uso da abordagem científica para o desenvolvimento, evolução e manutenção de software



Usar métodos científicos para fazer pesquisa e para tomar decisões sobre mudanças na forma de desenvolver software

MÉTODO CIENTÍFICO

- Quais são as suas metas e qual é a sua situação?
- Existe evidência na literatura e/ou na indústria de como esta evidência se aplica à SUA situação?
- Se não existe evidência suficiente, que tipo de avaliação experimental você deve fazer?

Agenda

- 1. Motivação
- 2. Conceitos Básicos
- 3. Engenharia de Software Experimental

O Paradigma Experimental

- O Paradigma experimental de uma disciplina evolui pela aplicação do ciclo: modele, experimente, aprenda;
- Normalmente começa com a observação e o registro do que é observado, e evolui para a manipulação de variáveis controláveis e a observação de seu efeito em variáveis de interesse.

Modelos, Experimentação e Aprendizado: um paradigma experimental

- Para entender uma disciplina é necessário a construção de **modelos**, **não só de produtos mas também de processos e** domínios de aplicação;
- Para testar se a compreensão está correta é preciso testar esses modelos, isto implica em **experimentação**;
- Ao se analisar resultados experimentais, **aprendemos e** consolidamos esse conhecimento em modelos mais sofisticados;
- Este paradigma experimental é usado em muitas áreas de conhecimento: física, biologia, medicina, química, manufatura, etc.

O Paradigma Experimental em Engenharia de Software

- Engenharia de software (também) é uma disciplina de laboratório;
- Devem existir profissionais cujo papel é construir cada vez “mais barato” e “mais rápido” sistemas cada vez “melhores”, utilizando o conhecimento disponível;
- Devem existir pesquisadores que tentem entender a natureza dos processos e produtos de software e da relação entre os dois no desenvolvimento e manutenção de sistemas;
- Comparada com outras disciplinas, a Engenharia de Software é uma disciplina muito nova (1967), e a área de experimentação ainda está em sua infância.

Agenda

- 1. Motivação
- 2. Conceitos Básicos
- 3. Engenharia de Software Experimental

Paradigmas de Pesquisa em ES

- Paradigma Analítico
  - Baseado em matemática
  - Propõe uma teoria formal ou um conjunto de axiomas
  - Deriva matematicamente um conjunto de resultados
  - Está no cerne da ciência da computação e expõe a herança matemática de nossa área
- Paradigma Experimental
  - Observa o mundo ou soluções existentes;
  - Propõe um modelo de comportamento ou solução melhor;
  - Mede e analisa modelos experimentalmente
  - Valida (ou refuta) hipóteses e modelos
  - Repete o processo para evoluir o conhecimento

Teoria



Causa → Efeito

Observação



Tratamento → Resultado

Variável independente

Execução do experimento

Variável dependente

O Paradigma Experimental Envolve:

- Observação
- Projeto experimental
- Coleta de dados
- Análise qualitativa ou quantitativa
- Avaliação do objeto de estudo (processo ou produto)

Análise Qualitativa x Análise Quantitativa

- Análise Quantitativa
  - Medição controlada (normalmente intrusiva)
  - Objetiva
  - Orientada a Verificação
- Análise Qualitativa
  - Observação naturalística (normalmente não intrusiva)
  - Entrevistas e questionários (normalmente intrusivas)
  - Subjetiva
  - Orientada a descoberta

Tipos de Estudos em ESE

- Um estudo é o ato de descobrir algo desconhecido ou de testar uma hipótese, pode incluir todos os tipos de análise quantitativa e qualitativa.
- Estudos Experimentais
  - Voltado ao teste de hipóteses
  - São geralmente quantitativos
  - Experimento controlados ou quase-experimentos
- Estudos Observacionais
  - Voltado à compreensão e descoberta
  - Geralmente são mais qualitativos que quantitativos
  - Pesquisa qualitativa ou semi-qualitativa, entrevistas e levantamentos

Devem responder a duas questões

- O que estudar e porque estudar?
- Que tipo de estudo experimental realizar?

O que estudar

- Qual será o objeto de estudo
  - Ex. um processo ou produto
- Qual é a finalidade do estudo?
  - Caracterizar (o quê está acontecendo?)
  - Avaliar (é bom?)
  - Prever (é possível estimar o comportamento futuro?
  - Controlar (é possível manipular eventos e situações?)
  - Melhorar (é possível melhorar eventos e situações?)
- Qual é o foco?
  - Quais aspectos e variáveis do objeto de estudo são de meu interesse?
- Qual é a perspectiva?
  - Quais são os grupos de pessoas interessadas?

Processo para Realização de um Experimento Controlado

- O processo proposto por Wohlin et al. é focado em experimentos controlados, mas as mesmas atividades básicas podem ser usadas para um estudo empírico (estudo de caso).
- Para outros estudos, precisa ser adaptado para algumas tarefas específicas. Ex. em um survey, definir se vai fazer a pesquisa por e-mail.
- Como ponto de partida, é preciso ter convicção que um experimento é apropriado para a questão que se pretende investigar. Isso pode não ser óbvio!

Alguns tipos de estudos experimentais:

- Revisão sistemática.
- Levantamento de campo (pesquisa de opinião, *survey).*
- Estudo de caso.
- Experimento controlado.

Levantamento de Campo (Survey)

- Geralmente é uma investigação retrospectiva.
  - Exemplo: saber os resultados de uma técnica ou ferramenta que já vem sendo usada há algum tempo
- A coleta de dados é feita usualmente por questionários e entrevistas.
- É feita considerando uma amostra significativa da população a ser estudada.
- Os dados colhidos são analisados e levam a conclusões, que podem depois serem generalizadas.

Levantamento de Campo (Survey)

- Objetivos de um survey:
- Descritivo
  - Para permitir explicar ou fazer asserções sobre a população.
- Explicativo
  - Ex: porque alguns desenvolvedores preferem uma técnica enquanto outros preferem outra?
- Exploratório
  - Um pré-estudo de um estudo mais profundo.

Estudo de Caso

- São usados para monitorar projetos, atividades e atribuições.
- Os dados são coletados para o objetivo específico do estudo.
- Podem ser usadas análises estatísticas
- É um estudo observacional.
- O nível de controle é mais baixo do que em um experimento.

Estudo de Caso – Fatores de confusão

- Um fator confunde quando torna impossível distinguir entre dois fatores.
- Exemplo: o melhor resultado ocorre porque a ferramenta é melhor ou porque quem a usou tem maior experiência?
- É necessário minimizar o efeito desses fatores.
  - Viés do estudo (*bias*)
  - Ameaça à validade do estudo (*threats to validity*)

Experimento (Controlado)

- É geralmente conduzido em um ambiente de laboratório, que permite maior controle.
- Os sujeitos experimentais devem ser escolhidos de forma aleatória. Quando isso não é possível, usam-se quase-experimentos.
- O objetivo é manipular uma ou mais variáveis e manter fixas todas as outras.
- O efeito da manipulação é medido e os resultados são analisados estatisticamente.
  - Exemplo: comparar dois métodos de inspeção diferentes.
- Os resultados podem ser generalizados
- Viéses e ameaças à validade do experimento devem ser evitados/minimizados.

OBJETIVOS DE UM EXPERIMENTO

- Confirmar teorias, i.e., testar teorias existentes.
- Confirmar a sabedoria convencional.
- Checar/testar relacionamentos
- Avaliar a precisão de modelos
- Validar medidas (assegurar que a medida mede o que deve medir)

On the Success of Empirical Studies in the International Conference on Software Engineering (ICSE); C. Zanier, G. Melnik, F. Maurer, ICSE, 2006.

Table 1: Study Type Parameters

Controlled Experiment	All of the following exist: Random assignment of treatments to subjects. Large sample size (>10 participants). Hypotheses formulated. Independent variable selected. Random sampling. [1]
Quasi Experiment	One or more of points in Controlled Experiment are missing. [3]
Case Study	All of the following exist: Research question stated. Propositions stated. Unit(s) of analysis stated. Logic linking the data to propositions stated. Criteria for interpreting the findings provided. Performed in a 'real world' situation [26]
Exploratory Case Study	One or more of points in Case Study are missing.[26]

Experience Report All of the following exist: Retrospective. No propositions (generally). Does not necessarily answer how or why. Often includes lessons learned. [17]
Meta-Analysis Study incorporates results from previous similar studies in the analysis. [9]
Example Application Authors describing an application and provide an example to assist in the description, but the example is "used to validate" or "evaluate" as far as the authors suggest. [21]
Survey Structured or unstructured questions given to participants. [16]
Discussion Provided some qualitative, textual, opinion-oriented evaluation. E.g. compare and contrast, oral discussion of advantages and disadvantages.

Início de um experimento

- Comece por definir o que será investigado e por qual motivo investigar.
- Exemplo: Avaliar se o método de projeto XYZ produz resultados melhores que o método ABC.
- Também chamado de “hipótese experimental” (K,P&P)
- Tenha em mente a razão ou a finalidade para a qual você pretende fazer essa avaliação e que os dados coletados podem confirmar ou refutar que XYZ é melhor que ABC.

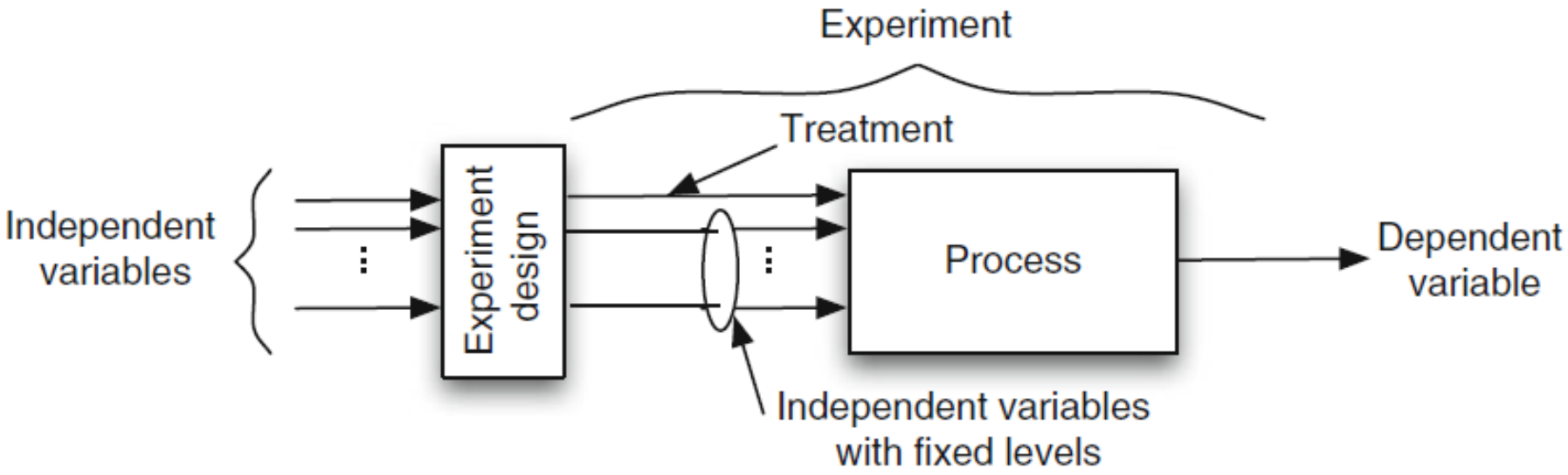
Definir os Objetivos em Termos de Variáveis Mensuráveis

- Defina objetivos em termos quantitativos
  - Em vez de: Avaliar se o método de projeto XYZ produz resultados melhores que o método ABC
  - Prefira: O código produzido pelo método XYZ possui um menor número de defeitos por milhares de linhas de código fonte que o método ABC
- Defina a relação entre conceitos e medidas
  - No exemplo anterior o objetivo é medir a qualidade e a medida “número de defeitos” é usada para isto.
  - A relação entre o que se quer e o que se mede deve ser documentada e eventualmente explicitada em modelos de relacionamento.

Estudo experimental

-- Variáveis dependentes

-- Variáveis independentes



(Wohlin et al)

Identificar as variáveis

- Variável dependente: é o resultado, é a variável estudada para avaliar o efeito das mudanças nas variáveis independentes
  - Ex. número de defeitos por milhares de linhas de código
- Geralmente há apenas uma variável dependente em um experimento.
- Todas as variáveis que são manipuladas e controladas são chamadas de variáveis independentes.

Variáveis independentes

- As variáveis independentes, que terão seus efeitos de mudança estudados, são chamadas de fatores.
  - Um tratamento é um valor particular de um fator.
- As outras variáveis independentes são mantidas com um valor fixo. Elas podem ser dos seguintes tipos:
  - Controle: variável que será controlada no estudo causa-efeito .
    - Tratamento: o método XYZ que será avaliado
    - Controle: o "status quo", i. é, o método com o qual você quer comparar.
  - De estado: medidas que descrevem o sujeito experimental, objetos e condições. Ex. experiência do projetista
  - De contexto: variável de estado que assume somente um valor no estudo experimental, ex., o tamanho do código é pequeno, os participantes do experimento são todos estudantes.

EXEMPLO

- Quer-se estudar o efeito de um novo método de desenvolvimento sobre a produtividade do pessoal. Ex. Um método OO está sendo introduzido.
  - Variável dependente: produtividade
  - Variáveis independentes: o método de desenvolvimento, a experiência do pessoal, ferramentas de apoio, o ambiente, etc.
- Exemplos na biologia e na saúde.

Observações e outras terminologias

- Sujeitos experimentais e objetos experimentais são as pessoas ou coisas envolvidas em um experimento. Ex. pessoas que usam um método ou ferramenta (s.e.) e programas, algoritmos e problemas nos quais os métodos ou ferramentas são aplicados (o.e.).
- Muitas vezes usa-se uma variável dependente substituta (*surrogate*) para medir, ao invés de uma medida direta. Isso pode prejudicar a qualidade dos resultados obtidos. Ex. medir confiabilidade contando-se o número de falhas reveladas durante o teste.

Determine o grau de controle sobre as variáveis

- Determinar o grau de controle sobre as variáveis independentes
  - Se a coleta de dados ocorre depois do fato e não se tem nenhum controle , então deve-se fazer um survey;
  - Se os dados são coletados enquanto o desenvolvimento ou manutenção está acontecendo, mas há controle básico sobre as variáveis , então deve-se realizar um estudo de caso;
  - Se o objeto de análise evolui enquanto os dados estão sendo coletados, então deve-se realizar uma pesquisa-ação;
  - Se há controle sobre a maioria das variáveis e controle sobre os participantes – você deve realizar um experimento controlado.

Exemplo

- Suponha que se deseja avaliar o efeito de um método de projeto sobre a qualidade do software resultante
- Se você não tem controle sobre quem está usando qual método, então deve-se realizar um estudo de caso para documentar os resultados;
- Se você pode controlar quem usa cada método, quando e como estes métodos são usados, então deve-se realizar um experimento controlado.

Estudos experimentais podem ser realizados:

- In Vivo
  - Envolve pessoas no seu próprio ambiente de trabalho em condições realistas de trabalho
- In Vitro
  - Realizado em condições controladas tais como em um laboratório ou um grupo fechado
- In Virtuo
  - Realizado em condições controladas nas quais os participantes interagem com modelos computacionais da realidade (simuladores)
- In Silico
  - Participantes e o mundo real são descritos por modelos computacionais (dinâmica de sistemas)

Experimentos *in-vivo x in-vitro*

- Experimentos in-vitro são feitos em laboratórios, simulando a forma como eles aconteceriam no mundo real;
- Experimentos in-vivo são feitos no mundo real e monitorados à medida em que o uso do objeto de estudo realmente ocorre;
- Em engenharia de software, geralmente experimentos controlados são feitos in-vitro e estudos de caso são feitos in-vivo.

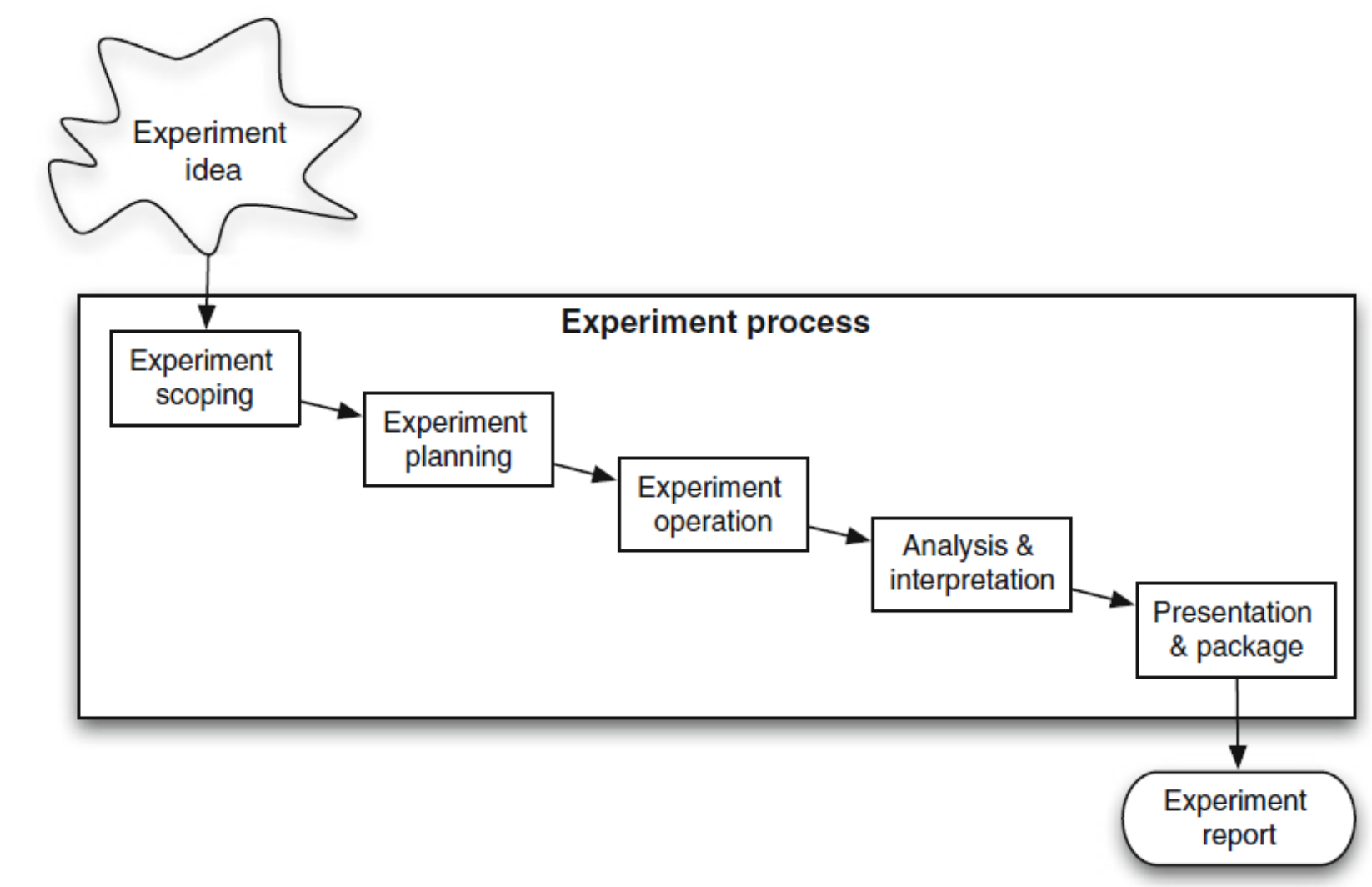
Fatores a se Considerar

Fator	Experimentos	Estudos de Caso	Survey
Nível de Controle	Alto	Baixo	Baixo
Dificuldade de Controle	Alto	Médio	Médio
Facilidade de Replicação	Alto	Baixo	Alta
Custo de Execução	Alto (in-vivo) Médio (in-vitro)	Médio	Baixo Médio
Riscos à validade	Baixo (in-vivo) Médio (in-vitro)	Médio	Baixo Médio

Processo para Realização de um Experimento Controlado

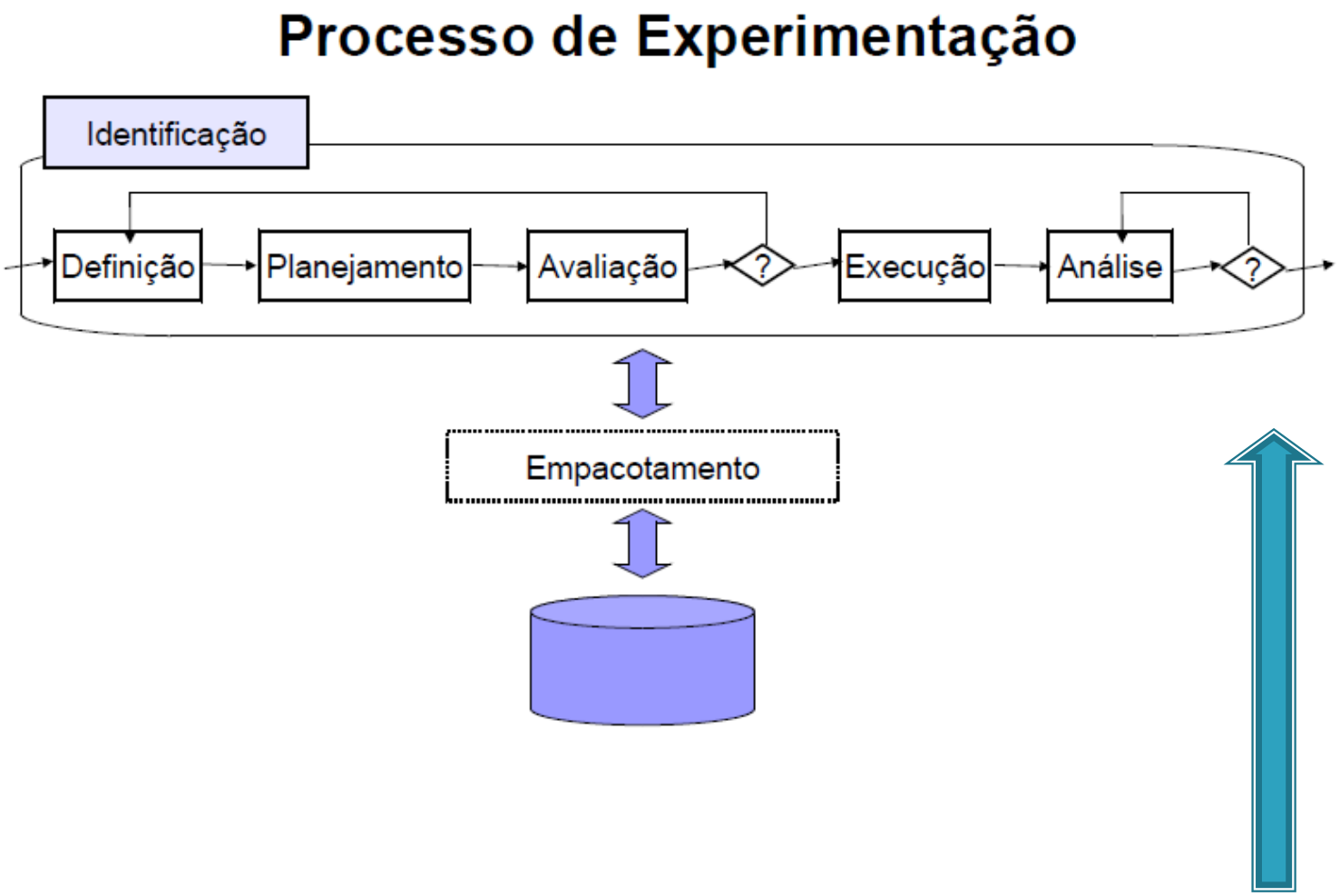
- O processo proposto por Wohlin et al. é focado em experimentos controlados, mas as mesmas atividades básicas podem ser usadas para um estudo empírico (estudo de caso).
- Para outros estudos, precisa ser adaptado para algumas tarefas específicas. Ex. em um survey, definir se vai fazer a pesquisa por e-mail.
- Como ponto de partida, é preciso ter convicção que um experimento é apropriado para a questão que se pretende investigar. Isso pode não ser óbvio!

Visão Geral do processo de experimentação



Wohlin et al, 2012

Outra organização do processo



Manoel Mendonça

Planejamento

1. Seleção do Contexto
2. Formulação das hipóteses
3. Seleção das Variáveis
4. Seleção dos Sujeitos
5. Escolha do tipo de “design” (estrutura)
6. Instrumentação
7. Avaliação da Validade

Operação

- Preparação
- Execução
- Validação dos Dados

Análise e Interpretação

- Estatística descritiva
- Redução do conjunto de dados
- Teste de hipóteses

Apresentaçã e Empacotamento (Presentation and Package)

- Quando o projeto termina, os resultados devem ser relatados para diferentes audiências.
  - Artigo para conferência ou periódico
  - Um pacote para facilitar a replicação do experimento
  - Um relatório completo sobre o experimento
  - Material educacional

Endereços úteis

- ESELAW:
  - http://lens.cos.ufrj.br:8080/eselaw
- ESEM:
  - http://www.esem.org
- International Software Engineering Research Network (ISERN):
  - http://www.iese.fhg.de/ISERN/
- Experimental Software Engineering Latin-American Network (ESELAN) discussion list :
  - http://listas.cos.ufrj.br/mailman/listinfo/eselan-l

Bibliografia Básica

- Wohlin, C. Experimentation in Software Engineering, Kluwer Academic Publishers, 2012.
- Disponível em:
  - https://link.springer.com/book/10.1007%2F978-3-642-29044-2
  - (tem que estar logado na USP)
- Artigos a serem discutidos em classe.

Em seguida

- Identificação (do experimento) e Definição (de escopo)

- Dúvidas?
  - Rosana: rtvb@icmc.usp.br
  - Sala 4-134
  - Telefone : 3373 8625