



**Universidade Estadual do Ceará**  
**Programa de Pós-graduação em Ciência da Computação**  
**Professor: Ismayle de Sousa Santos**

**Aula 09**

# **Metodologia Científica para Computação**

## **Engenharia de Software Empírica**

---



**IsmayleSantos**



**ismayle.santos@uece.br**

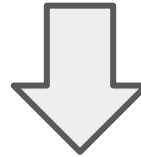
# Engenharia de Software

- Engenharia de software
  - “Aplicação de uma abordagem sistemática, disciplinada e quantificável para o desenvolvimento, operação e manutenção de software” [IEEE 1990]



# Engenharia de Software

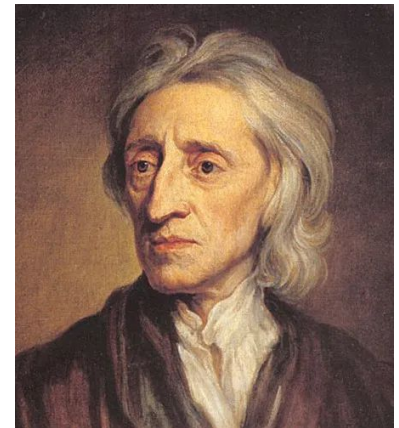
- Engenharia de software
  - “Aplicação de uma abordagem **sistemática, disciplinada e quantificável** para o desenvolvimento, operação e manutenção de software” [IEEE 1990]



- Processo de Software abordando diferentes fases do ciclo de vida do software
- Abordagem sistemática e disciplinada
- Importância da quantificação

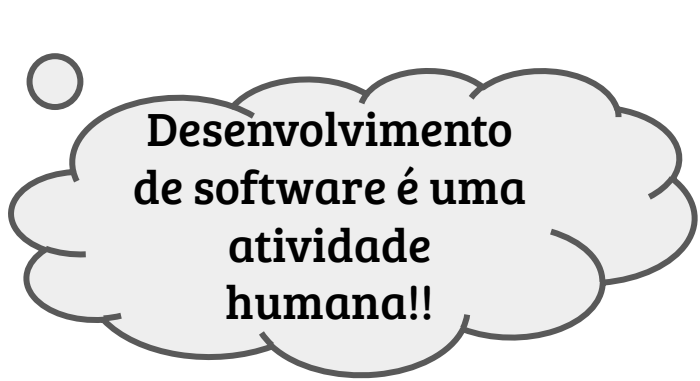
# Engenharia de Software

- Estudos empíricos são cruciais para avaliação de processos e atividades humanas
  - Exemplo
    - Para um produto, pode-se desenvolver um protótipo para avaliá-lo
    - Para um processo, pode-se colocar pessoas utilizando o processo



# Engenharia de Software

- Experimentação
  - Fornece um meio sistemático, disciplinado, quantificável e controlado para avaliar atividades humanas



Desenvolvimento  
de software é uma  
atividade  
humana!!

**É importante avaliar novas propostas (métodos, técnicas, ferramentas) em comparação com as soluções existentes**

# Engenharia de Software Experimental

- **Tipos de métodos para condução de experimentos na área de Engenharia de Software**
  - Científico
  - De engenharia
  - Experimental
  - Analítico



# Métodos para Condução de Experimentos em E.S.

- Método científico
  - **Observa o mundo**, sugere o modelo ou a teoria de comportamento, mede e analisa, verifica as hipóteses do modelo ou da teoria
  - **Extrai do mundo algum modelo** que possa explicar um fenômeno, e avaliar se o modelo é realmente representativo para o fenômeno que está sob observação
    - Exemplo: Modelo de Simulação
  - É uma abordagem para construção de modelos

# Métodos para Condução de Experimentos em E.S.

- Método de engenharia
  - **Observa as soluções existentes, sugere as soluções** mais adequadas, **desenvolve, mede e analisa**, e repete até que nenhuma melhoria adicional seja possível
  - É uma abordagem orientada à **melhoria evolutiva** que assume a existência de algum modelo do processo ou produto de software e modifica este modelo com propósito de melhorar os objetos do estudo



# Métodos para Condução de Experimentos em ES

- Método experimental (empírico)
  - **Sugere o modelo, desenvolve o método qualitativo e/ou quantitativo, aplica um experimento**, mede e analisa, avalia o modelo e repete o processo
    - Exemplo: estudo de caso ou experimentos controlados
  - O processo se inicia com o levantamento de um modelo novo, não necessariamente baseado em um modelo já existente, e tenta estudar o efeito do processo ou produto sugerido pelo modelo novo

***“Empirical research is a way of gaining knowledge by means of direct and indirect observation or experience”***

# Métodos para Condução de Experimentos em E.S.

- Método analítico (ou matemático)
  - Sugere uma **teoria formal**, desenvolve a teoria, deriva os resultados e se possível, compara-a com as observações empíricas
  - É um método dedutivo que não precisa de um projeto experimental no sentido estatístico, mas oferece uma base analítica para o desenvolvimento de modelos



# Objetivos da Experimentação

- Objetivos relacionados à execução de experimentos em Engenharia de Software
  - Caracterização
  - Avaliação
  - Previsão
  - Controle e melhoria
- A respeito de produtos, processos, recursos, modelos, teorias entre outras...



# Vocabulário da Experimentação

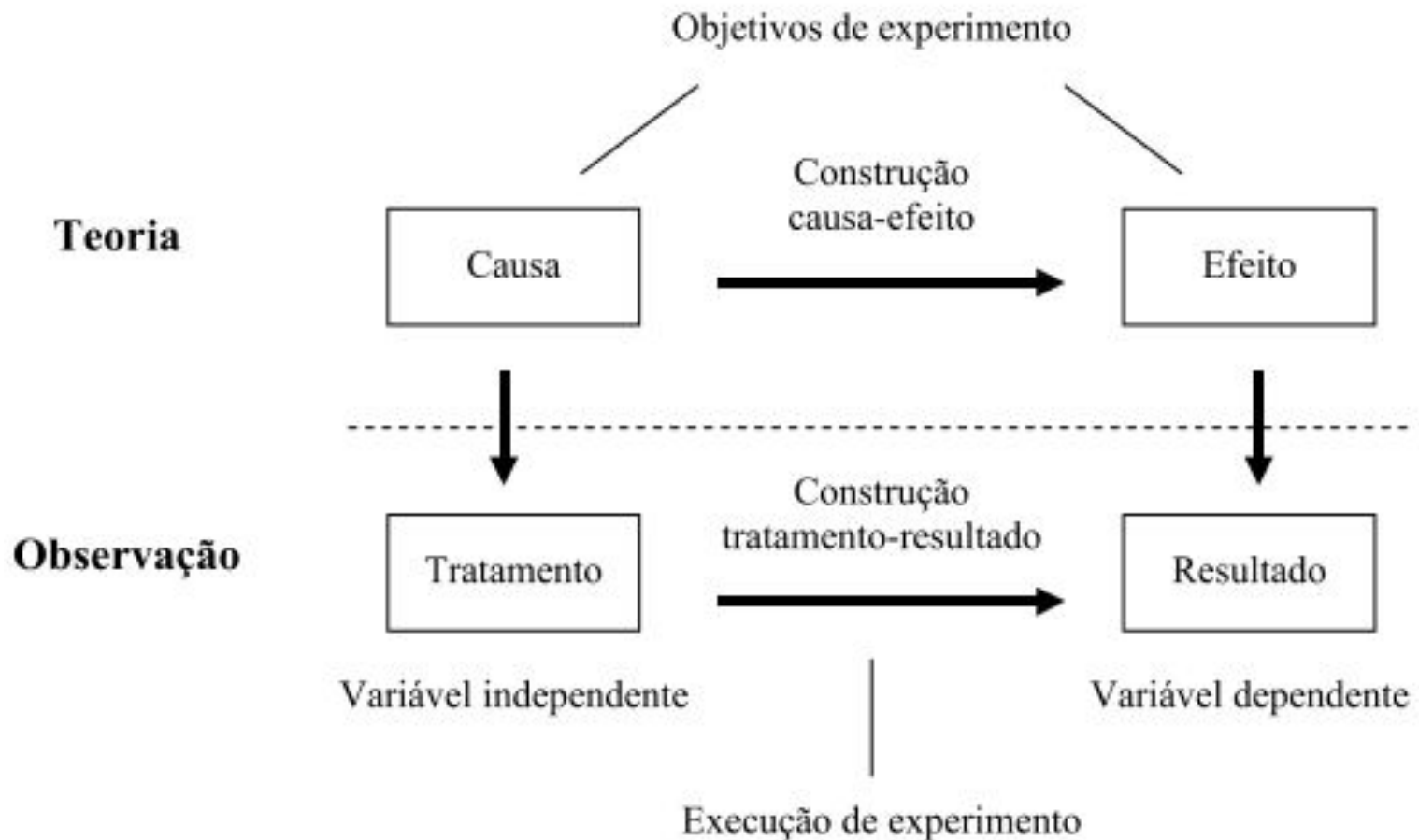
- Os elementos principais do experimento são
  - Variáveis
  - Objetos
  - Participantes
  - Contexto do experimento
  - Hipóteses
  - Tipo do projeto do experimento



# Vocabulário da Experimentação

- Há dois tipos de variáveis do experimento
  - **Variáveis dependentes**
    - Referem-se à saída do processo de experimentação
    - São variáveis que apresentam o efeito que é causado pelos fatores do experimento
  - **Variáveis independentes**
    - Referem-se à entrada do processo de experimentação
    - Também se chamam "fatores" e apresentam a causa que afeta o resultado do processo de experimentação
    - O próprio valor de um fator se chama "tratamento"

# Vocabulário da Experimentação



**Figura 1.** Os conceitos de um experimento [Wohlin00]

# Vocabulário da Experimentação

- Objetos

- O objeto é uma ferramenta usada para verificar o relacionamento causa-efeito numa teoria
- Durante a execução do experimento, **os tratamentos são aplicados ao conjunto dos objetos** e assim o resultado está sendo avaliado
- Os objetos junto com o sistema de medição e diretrizes da execução do experimento compõem a **instrumentação do experimento**

# Vocabulário da Experimentação

- Participantes
  - Os participantes são os **indivíduos** que foram especialmente selecionados da população sob interesse para conduzir o experimento
    - O conjunto de participantes deve ser representativo para aquela população
  - Quanto maior é a variedade da população tanto maior deve ser o tamanho do conjunto de participantes





# Exemplo de Participantes

## 2.4 Seleção dos indivíduos

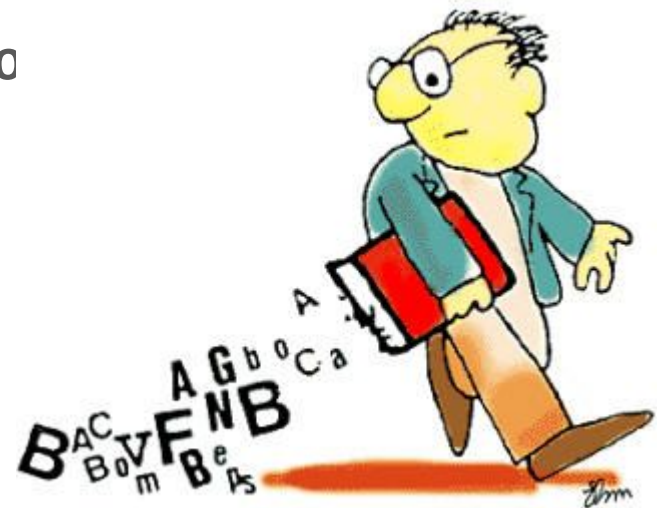
Como participantes para o estudo se propõe utilizar os alunos de pós-graduação, graduação ou alunos de 2o grau da área de Engenharia de Software. Assume-se que esses indivíduos estão disponíveis para o estudo e a maioria deles desenvolve software pessoal.

Seria conveniente utilizar para o estudo os alunos que estão realizando alguns de cursos básicos na área de Engenharia de Software. Nesse caso, dependendo do tamanho da turma, é possível usar uma das técnicas (probabilística ou não-probabilística) para escolha dos indivíduos.

Supõe-se propor aos participantes o questionário que tem como objetivo caracterizar sua formação do ponto de vista acadêmico, experiência, tipo de curso entre outros para analisar os dados e reduzir o viés.

# Vocabulário da Experimentação

- Contexto
  - O contexto do experimento é composto das condições em que o experimento está sendo executado
  - O contexto pode ser caracterizado de acordo às dimensões:
    - In-vitro vs. In-vivo
    - Alunos vs. Profissionais
    - Problema de sala de aula vs. Pro
    - Específico vs. Geral



# Dimensões de um Contexto

Dimensões	Conceito
In-vitro	Refere-se à experimentação no laboratório sob as condições controladas
In-vivo	Considera o estudo de um projeto real
Alunos vs. Profissionais	Define a equipe que vai executar o experimento
Problema de sala de aula vs. Problema real	Mostra o tamanho do problema que está sendo estudado
Específico vs. Geral	Mostra se os resultados do experimento são válidos para um contexto particular ou para o domínio da Engenharia de Software inteiro

# Exemplo de Contexto

## 2.3 Seleção do contexto

O contexto pode ser caracterizado conforme quatro dimensões:

- o processo: on-line / off-line;
- os participantes: alunos / profissionais;
- realidade: o problema real / modelado;
- generalidade: específico / geral.

Nosso estudo supõe o processo off-line porque os alunos não estão sendo entrevistados durante todo o tempo do curso, mas em um certo instante. Os participantes são os alunos que estão realizando o curso. O estudo é modelado porque as competências dos alunos não são caracterizadas durante a resolução do problema real, mas utilizando as notas subjetivas. As competências dos alunos do certo curso são comparadas com as competências listadas no currículo da SBC, então, o contexto possui o caráter específico.

# Vocabulário da Experimentação

- Hipóteses
  - Um experimento geralmente é formulado através de hipóteses
  - **A hipótese principal se chama hipótese nula** e declara que não há nenhum relacionamento estatisticamente significativo entre a causa e o efeito
  - O objetivo principal do experimento é, então, rejeitar a hipótese nula a favor de uma ou algumas hipóteses alternativas
  - A decisão sobre rejeição da hipótese nula pode ser tomada baseado nos resultados da sua verificação utilizando um teste estatístico

# Exemplo de Hipóteses

## 2.1 Definição das Hipóteses

**Hipótese nula (H0):** As competências oferecidas para os alunos do curso básico de ES são similares às competências de ES que o currículo mínimo da SBC considera fundamental para o desenvolvimento de software

$C_a$  – competências oferecidas para os alunos do curso básico de ES;

$C_c$  – competências de ES do currículo mínimo da SBC.

$$H0: C_c - (C_a \cap C_c) = \emptyset$$

**Hipótese alternativa (H1)** A lista de competências oferecidas para os alunos do curso básico de ES é diferente da lista de competências de ES que o currículo mínimo da SBC considera fundamental para o desenvolvimento de software.

$C_a$  – competências oferecidas para os alunos do curso básico de ES;

$C_c$  – competências de ES do currículo mínimo da SBC.

$$H1: C_c - (C_a \cap C_c) \neq \emptyset$$

# Vocabulário da Experimentação

- **Projeto do experimento**
  - O projeto do experimento determina a maneira como um experimento será conduzido
  - A decisão sobre alocação dos objetos e dos participantes é feita nesse momento
  - Também a maneira como os tratamentos serão aplicados aos objetos é definida
  - A quantidade e a seqüência dos testes experimentais definem o projeto do experimento

# Princípios da Organização do Experimento

- Os princípios gerais da organização do experimento são:
  - Aleatoriedade
  - Agrupamento
  - Balanceamento
  - Repetição (Replicabilidade)



# Princípios da Organização do Experimento

- Aleatoriedade
  - Todos os métodos estatísticos requerem que a observação seja feita a partir das variáveis independentes e **aleatórias**
  - A aleatoriedade é utilizada para evitar o efeito de algum fator que de outra maneira possa estar presente
  - Quando não é possível ser completamente aleatório, o experimento é chamado de **quasi-experimento**
    - Exemplo, quando não é possível escolher os participantes aleatoriamente

# Princípios da Organização do Experimento

- **Agrupamento**
  - O agrupamento deve ser utilizado quando houver um fator no projeto do experimento que provavelmente tenha um efeito sobre o resultado, mas esse efeito não é interessante para os pesquisadores
  - O agrupamento sistematicamente elimina o efeito indesejado durante a comparação dos tratamentos
  - Dentro do bloco o efeito indesejado é indiferente e pode ser eliminado da consideração
  - O agrupamento aumenta a precisão do experimento

# Princípios da Organização do Experimento

- **Balanceamento**
  - Se o experimento está organizado de uma forma que todos os tratamentos têm o número dos participantes igual, o projeto do experimento é balanceado
  - O balanceamento é desejável porque isso simplifica e melhora a análise estatística dos dados experimentais



# Princípios da Organização do Experimento

- Outro princípio importante da experimentação que se refere à potência dos resultados do experimento é **a repetição do experimento**
- Um experimento deve permitir a outros investigadores reproduzir os resultados
- A repetição é importante porque implica que as variáveis imprevistas não estão afetando os resultados, e assegura que não há nenhuma confusão entre dois efeitos

# Medição

- É a parte central de um estudo experimental
- A medição é definida como o mapeamento do mundo experimental para o mundo formal ou relacional
  - O objetivo principal desse mapeamento é caracterizar e manipular os atributos das entidades empíricas da maneira formal
- Ao invés de fazer o julgamento diretamente a partir das entidades reais, os números ou símbolos estão atribuídos a essas entidades, e o julgamento é feito a partir desses números e símbolos

# Exemplo de Medição

## 1.4 Questões:

**Q1:** Existem competências de ES listadas no currículo mínimo da SBC que não fazem parte do curso básico de ES?

**Métrica:** A lista de competências de ES do currículo mínimo da SBC que não fazem parte do curso básico de ES.

**Q2:** Existem competências de ES listadas no currículo mínimo da SBC e oferecidas pelo curso básico de ES que são consideradas inúteis pelos alunos?

**Métrica:** A lista de competências de ES do currículo mínimo da SBC que fazem parte do curso básico de ES e são consideradas inúteis pelos alunos desse curso

**Q3:** Existem competências listadas no currículo mínimo da SBC, oferecidas pelo curso básico de ES e consideradas úteis pelos alunos, cujo detalhamento deve ser modificado?

**Métrica:** A lista de competências de ES do currículo mínimo da SBC que fazem parte do curso básico de ES e são consideradas úteis pelos alunos desse curso cujo detalhamento deve ser modificado

**Q4:** Existem competências de ES listadas no currículo mínimo da SBC que não fazem parte do curso básico de ES, mas que os alunos gostariam de receber porque consideram úteis para desenvolvimento de software pessoal?

**Métrica:** A lista de competências de ES do currículo mínimo da SBC que não fazem parte do curso básico de ES.

# Medição

- A medição na Engenharia de Software na maioria dos casos utiliza as próprias métricas do software
  - As **métricas do produto** são usadas para medir o produto intermediário ou final
  - As **métricas do processo** medem as características do processo do desenvolvimento de software
  - As **métricas do recurso** são usadas para medir os objetos tais como equipe, hardware, ferramentas, etc. necessários ao desenvolvimento de software

# Validade

- A questão fundamental a respeito dos resultados do experimento é quão válidos são eles
- Os resultados devem ser válidos para a população da qual o conjunto de participantes foi recebido
- Há quatro tipos de validade dos resultados do experimento
  - Validade de conclusão
  - Validade interna
  - Validade de construção
  - Validade externa





# Validade

- A prioridade dos tipos da validade é determinada segundo os objetivos da experimentação
- Para os experimentos aplicados, que são o alvo da maioria dos experimentos na área de Engenharia de Software, a ordem da importância dos tipos da validade é: interna, externa, construção, e conclusão



# Validade de Conclusão

- A validade de conclusão é **relacionada à habilidade de chegar a uma conclusão correta** a respeito dos relacionamentos entre o tratamento e o resultado do experimento
- Durante a avaliação da validade de conclusão é necessário considerar os conceitos como a escolha do teste estatístico, a escolha do tamanho do conjunto dos participantes, a confiabilidade das medidas, e a confiabilidade da implementação dos tratamentos

# Validade de Conclusão

- Alguns problemas podem acontecer quando se lida com a validade da conclusão
  - Se a potência do teste estatístico é baixa, existe o risco alto que conclusões errôneas sejam tiradas
  - Os pesquisadores podem influenciar os resultados tentando receber o resultado específico
  - As medidas podem envolver o julgamento humano e, assim, os resultados diferentes podem ser recebidos caso um objeto seja medido várias vezes

# Validade Interna

- A validade interna **define se o relacionamento observado entre o tratamento e o resultado é causal**, e não é o resultado da influência de outro fator que não é controlado ou mesmo não foi medido
- Durante a avaliação da validade interna deve ser dada atenção aos participantes, quanto à
  - Seleção da população, à maneira da divisão nas classes, ao modo da aplicação dos tratamentos, e aos aspectos sociais

# Validade Interna

- A seleção dos voluntários pode formar o conjunto dos participantes que não são representativos
- Os grupos dos participantes podem produzir os resultados diferentes por causa do comportamento e as habilidades diferentes

# Validade de Construção

- A validade de construção considera os relacionamentos entre a teoria e a observação, ou seja, **se o tratamento reflete a causa bem e o resultado reflete o efeito bem**
- Durante a avaliação da validade da construção os aspectos relevantes ao projeto do experimento e os fatores humanos devem ser considerados
  - O ser humano sempre está tentando parecer melhor quando está sendo avaliado
  - Os pesquisadores podem afetar os resultados (viés) projetando o estudo baseado naquilo que eles esperam do experimento

# Validade Externa

- A validade externa **define as condições que limitam a habilidade de generalizar os resultados** de um experimento para a prática industrial
- Durante a avaliação da validade externa a interação do tratamento com as pessoas, o lugar e o tempo devem ser considerados
- Problemas podem acontecer devido à população dos participantes não ser representativa à população sob interesse, a instrumentação não ser adequada à prática industrial, e o experimento pode ser executado num dia ou tempo especial que venha afetar os resultados

# **Estratégias Experimentais (Empíricas)**

- O tipo de experimento mais apropriado vai depender dos objetivos do estudo, das propriedades do processo de software usado durante a experimentação, ou dos resultados finais esperados
- Principais estratégias empíricas
  - Survey
  - Estudo de caso
  - Experimento Controlado
- As principais características usadas para diferenciar as estratégias são:
  - Controle de execução
  - Controle de medição
  - Custo de investigação
  - Facilidade de repetição



# Estratégias Experimentais (Empíricas)

- Survey
  - É geralmente uma investigação realizada em retrospectiva, após uma ferramenta ou técnica ter sido utilizada
  - A coleta de dados (quantitativa e qualitativa) é feita por entrevistas ou questionários
    - Realizadas em cima de uma amostra representativa da população
  - Os resultados do survey são analisados para derivar conclusões que são então generalizadas para população

# Estratégias Experimentais (Empíricas)

- Estudo de Caso
  - É um estudo observacional
  - Utilizado para monitorar os projetos, atividades e atribuições
  - Visa observar um atributo específico ou estabelecer o relacionamento entre atributos diferentes
  - Baseado nos dados coletados, análises estatísticas são executadas



# **Estratégias Experimentais (Empíricas)**

- **Experimento Controlado**
  - Geralmente realizados em laboratório com alto nível de controle
  - O objetivo é manipular uma ou mais variáveis e manter as outras fixas medindo o efeito do resultado
  - Testes estatísticos são utilizados
    - Exemplo: Para mostrar com significância estatística que um método é melhor que outro

# Estratégias Experimentais (Empíricas)

- Comparação das estratégias empíricas

Fator	<i>Survey</i>	Estudo de caso	Experimento
O controle da execução	Nenhum	Nenhum	Tem
O controle da medição	Nenhum	Tem	Tem
O controle da investigação	Baixo	Médio	Alto
Facilidade da repetição	Alta	Baixa	Alta
Custo	Baixo	Médio	Alto

# **Estratégias Experimentais (Empíricas)**

- De acordo com as estratégias experimentais existem três principais métodos para coleta de dados:
  - Histórico
    - É utilizado para coletar os dados experimentais dos projetos que já tenham sido terminados
  - De observação
    - Coleta os dados relevantes enquanto o projeto está sendo executado
  - Controlado
    - Coleta os dados relevantes enquanto o projeto está sendo executado

# Disposições Gerais da Engenharia de Software Experimental

- Este tipo de pesquisa viabiliza a descoberta de novos materiais, componentes, métodos, técnicas, etc...
- É normalmente utilizada para a obtenção de novos conhecimentos a partir de elementos fundamentais, como também, para se obter produtos (protótipos) tecnológicos
- O procedimento experimental requer uma **detalhada, sistemática manipulação de variáveis** para a coleta de dados sobre o fenômeno de interesse

# *Obrigado!*

## *Por hoje é só pessoal...*

# Dúvidas?



**IsmayleSantos**



**ismayle.santos@uece.br**



**@IsmayleSantos**