

---

**Programa de Pós-Graduação em Educação  
Universidade do Estado do Pará  
Belém-Pará- Brasil**



---

V.13. N. 26. Mai./Ago./ 2019 p. 200-219

ISSN: 2237-0315

---

**Níveis de instrumentação: o uso da calculadora científica em tarefas de cálculo diferencial**

**Levels of instrumentation: the use of the scientific calculator in differential calculus tasks**

Mario Alexandre de Sousa Junior  
Secretaria de Estado de Educação do Pará - SEDUC  
José Messildo Viana Nunes  
Universidade Federal do Pará – UFPA  
Belém-Pará-Brasil

**Resumo**

O presente artigo apresenta como objetivo investigar o uso da calculadora científica na transição de artefato a instrumento nos processos de estudo em torno do Cálculo Diferencial em cursos de Engenharia em uma Universidade particular. O referencial teórico, utilizado na concepção das tarefas e posterior análises, foi a Abordagem Instrumental de Rabardel. O estudo de cunho qualitativo contou com a participação de 70 graduandos dos cursos de engenharia civil, mecânica e elétrica das turmas matutinas de uma instituição de ensino superior em Belém do Pará, o material analítico foi constituído por transcrições das tarefas desenvolvidas no processo formativo concernente a imagens fotografadas, áudios e vídeos. A transição de artefato a instrumento revelou possíveis níveis na Teoria da Gênese Instrumental de Rabardel.

**Palavras-chave:** Cálculo, Calculadora, Abordagem Instrumental.

**Abstract**

The aim this article to investigate use of the scientific calculator in transition of artefact in a implement in the study processes around the differential calculus in courses of engineering in a private university. The theoretical referential, used in conception of tasks and further analysis, was the Rabardel Instrumental Approach. The study of qualitative hallmark was attended by 70 undergraduates from courses of civil, mechanical and electrical engineering of morning classes of a high education institution in Belém do Pará, the analytical material was constituted by transcripts of the developed tasks in the training process concerning photographed images, audios and videos. The transition from artifact to instrument revealed possible levels in the Rabardel's Theory of the Instrumental Genesis.

**Key-words:** Calculus, Calculator, Instrumental Approach.

## Introdução

A presente pesquisa é fruto de uma investigação em nível de mestrado acadêmico do primeiro autor (SOUSA JUNIOR, 2016), e compreende um estudo qualitativo, com 70 graduandos do primeiro semestre dos cursos de Engenharia Civil, Elétrica, e Mecânica de uma Instituição de Ensino Superior em Belém do Pará, no âmbito da disciplina de Cálculo Diferencial. Os colaboradores foram divididos em dois grupos, o primeiro, com trinta (30) graduandos da turma B-306 de Engenharia Mecânica e Elétrica, subdivididos em seis subgrupos com cinco participantes cada e o segundo com quarenta (40) graduandos da turma D-103 do curso de Engenharia Civil subdivididos em cinco subgrupos com oito participantes identificados aqui com letras do alfabeto, para preservação das identidades. Para análise das tarefas, denominamos os grupos como Grupo B-306 a turma de Engenharia Mecânica e Elétrica e Grupo D-103 a turma de Engenharia Civil. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, com caráter de observação participante, como anunciada por Haguette (1999) que favoreceu a produção dos dados na sala de aula, para análise do fenômeno de transição de artefato a instrumento. Participativa da qual o campo de pesquisa foi a própria sala de aula onde atuamos como professor e pesquisador.

Nosso objetivo foi investigar o uso da calculadora científica na transição de artefato a instrumento nos processos de estudo em torno do Cálculo Diferencial em cursos de Engenharia em uma Universidade particular na cidade de Belém-Pará.

De acordo com Rabardel (1995), para analisar a relação entre a tríade *Sujeito (S) - Instrumento (I) - Objeto (O)* na *Relação Instrumental* há necessidade de desenvolver em sala de aula, tarefas que possam evidenciar a transição do artefato a instrumento.

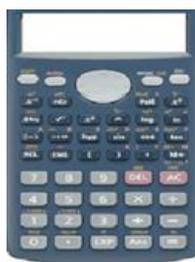
Assim, para alcançar o objetivo elaboramos sete tarefas, tais tarefas são referentes às noções de Cálculo Diferencial utilizando a calculadora científica em sala de aula, para assim analisar a transição da calculadora como artefato a instrumento. Posteriormente observamos os Esquemas de Ação Instrumentada e Ação Coletiva Instrumentada dos alunos. Para esse artigo apresentaremos três das sete tarefas que nos possibilitam evidenciar a referida transição, para consultar as tarefas na íntegra ver Sousa Junior (2016).

Antes da aplicação das tarefas de cálculo propriamente ditas foram desenvolvidas tarefas concernentes ao assunto expressões numéricas, com o uso de calculadora científica, de tal modo que os alunos pudessem manusear ferramentas básicas do presente dispositivo. Nesse primeiro momento tivemos como objetivo conhecer as experiências (ou não) pessoais dos graduandos com a calculadora científica, ou seja, levantar os aspectos de uso como artefato ou instrumento pelos graduandos. Assim os discentes puderam (re) conhecer algumas funções básicas da calculadora científica, tais como: especificações do modo de cálculo, configuração das definições da calculadora, inserção de expressões da calculadora, sequência de prioridade de cálculos, cálculos básicos, cálculos de função, cálculo de valores estimados, intervalos, número de dígitos, precisão de cálculo e mensagens de erros.

Parafraseando Rabardel (1995), nesse momento o fato dos graduandos (re) conhecerem as funções da calculadora científica e resolverem algumas expressões, não nos possibilita afirmar que já haja a transição de artefato a instrumento, pois os alunos colaboradores da pesquisa ainda não são considerados instrumentalizados em decorrência dessa ação, mas esse momento emergiu como uma primeira categoria que postulamos evidenciar a transição de artefato a instrumento que denominamos **Instrumento Inicial**.

No segundo momento elegemos tarefas destinadas a abordar algumas noções de Cálculo Diferencial. Após organizar os alunos colaboradores da pesquisa em grupos, e solicitarmos pelos menos uma calculadora científica para cada grupo e uma folha com as tarefas para que, após encontrarem os resultados na calculadora fizessem as anotações no papel, ao solicitarmos que trouxessem a calculadora científica para uso em resoluções de tarefas constatamos que grande parte possuía calculadora científica do mesmo modelo ou similar ao da Figura 1.

**Figura 1** – A Calculadora Científica usada na pesquisa



Fonte: Registro dos autores

Os dados da pesquisa foram registrados em imagens fotografadas, áudios e vídeos as tarefas foram realizadas e socializadas na forma de debate coletivo, cabendo ao pesquisador à mediação junto aos graduandos para garantir participação ativa nas resoluções e discussões. Assim, favorecemos aos grupos que evidenciassem seus Esquemas de Uso na calculadora científica, e também os Esquemas de Uso no papel e lápis.

Para aprofundar entendimento sobre a problemática aqui tratada foi necessário desenvolvermos estudos referentes à relação entre o homem e a máquina em particular no uso da calculadora científica, já evidenciada em várias pesquisas como: Rabardel (1995, 1999a, 1999b, 2004), Loureiro, Silva e Veloso (1989), Groves (1994), Artigue (1995), Guin e Trouche (1999), Baldin e Baldin (2001), Trouche (2003, 2004), Guinther (2009), Salazar (2011), Consciência (2013), dentre outras. Nessa perspectiva, buscamos investigar a relação homem e máquina na transição do artefato a instrumento em consonância com a Teoria Rabardeliana.

Rabardel (1995) afirma que a descoberta de um artefato pelo sujeito acontece ao longo de sua apropriação em situação de uso, portanto no decorrer de uma tarefa o usuário do artefato elabora seu instrumento de acordo com restrições institucionais e suas possíveis limitações. Nesse sentido, a ação do indivíduo é que abre possibilidades para novos estudos.

### **Abordagem Instrumental como Alicerce nas Atividades Desenvolvidas nos Cursos de Engenharia**

A *Abordagem Instrumental*, segundo Almeida e Oliveira (2009) foi desenvolvida por Rabardel a partir das ideias de Vygotsky, segundo o qual um instrumento constitui um elemento intermediário entre o artefato e as operações psíquicas que atuam sobre ele, sendo o instrumento o determinante da atividade.

O instrumento é visto por Rabardel (1995, 1999b) como uma entidade mista composta por um artefato, material ou simbólico, produzido pelo sujeito ou por outros e um esquema ou vários *Esquemas de Utilização* associados, resultantes de uma construção própria do sujeito, autonomamente ou por meio da apropriação de esquemas sociais pré-existentes.

A noção de instrumento na perspectiva de Rabardel (1995) põe em destaque a tríade Objeto-Sujeito-Instrumento. Para o autor, só se considera instrumento quando existe uma relação significativa entre o artefato e o usuário para um determinado tipo de atividade, ou seja, um aparelho em conjunto com as habilidades do sujeito no seu uso, o que é chamado por Rabardel de **instrumento**.

A construção de um instrumento, segundo Rabardel (1995, 1999a), não é espontânea, ocorre por meio de um processo chamado *Gênese Instrumental* ou nascimento de um instrumento. Isso acontece quando o utilizador se apropria do artefato ao desenvolver esquemas mentais que envolvem capacidades de utilização de forma competente e conhecimentos sobre as circunstâncias em que o artefato é útil. Este processo é apresentado, como um duplo movimento: *um movimento de instrumentação* dirigido para o sujeito (utilizador) e *um movimento de instrumentalização* dirigido para o artefato.

*A instrumentalização* concerne à emergência e a evolução dos componentes artefato do instrumento: seleção, reagrupamento, produção e instituição de funções, transformações do artefato [...] que prolongam a concepção inicial dos artefatos. A *instrumentação* é relativa à emergência e a evolução dos esquemas de utilização: sua constituição, seu funcionamento, sua evolução assim como a assimilação de artefatos novos aos esquemas já constituídos (RABARDEL, 1999, p. 210 apud BITTAR, 2001, p. 162) Grifos nossos.

Entretanto, para dar-se o *processo de instrumentalização* é necessário identificar o surgimento e evolução do componente artefato do instrumento, a saber: selecionando, agrupando, produzindo e definindo funções, transformando o artefato (estrutura, funções etc.) enriquecendo as propriedades do artefato cujos limites são difíceis de determinar. Enquanto, o *processo de instrumentação* é relativo ao surgimento e evolução de Esquemas de Utilização e da Ação Instrumental, por exemplo: sua constituição, seu funcionamento, sua evolução por acomodação, coordenação e combinação, inclusão e assimilação recíproca, a assimilação de novos artefatos aos esquemas pré-existentes.

Assim a **Teoria da Abordagem Instrumental** nos permite entender as relações estabelecidas entre homem máquina, em particular na manipulação da calculadora científica por um determinado sujeito, nos sentidos: Sujeito-Instrumento (S-I), Instrumento-Objeto (I-O), Sujeito-Objeto (S-O), bem como a relação Sujeito-Objeto mediada pelo Instrumento [S(I)-O].

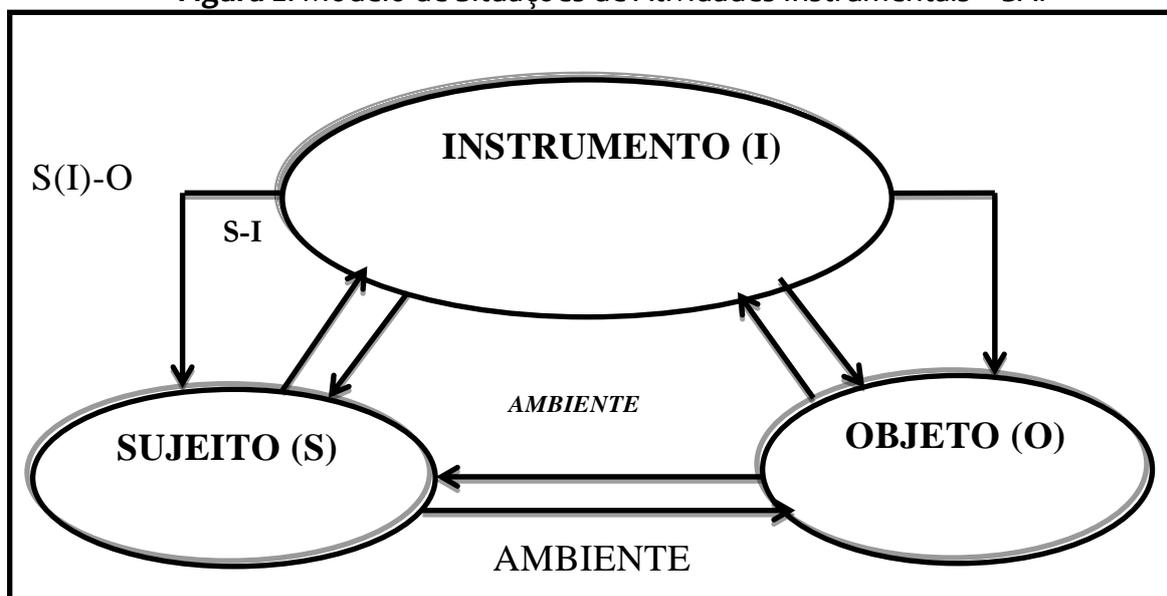
Para Rabardel (1995; 1999a; 1999b), o Instrumento como ente mediador, entre o Sujeito e o Objeto, possui dois sentidos:

- **Objeto-Sujeito:** o Instrumento é o meio que permite o conhecimento do Objeto.
- **Sujeito-Objeto:** o Instrumento é o meio da ação transformadora dirigida sobre o Objeto.

Nesse sentido, Rabardel (1995) destaca a relevância que uma atividade analisada com o Modelo **SAI** – *Situação de Atividade Instrumental* que nos possibilita diferenciar a sequência de ações realizadas por alunos em atividades que requeiram manipulação de calculadora científica.

O **SAI** segundo Rabardel (1995; 1999a), estrutura os caminhos quando o artefato transita a instrumento pela ação do sujeito. Nessa perspectiva momentânea mostraremos os percalços da ação instrumentada pelo sujeito, suas ações nos Esquemas de Utilização e por último, ações Instrumentadas pelo coletivo nas atividades desenvolvidas no processo de estudo.

**Figura 2:** Modelo de Situações de Atividades Instrumentais – SAI



Fonte: Rabardel (1995, p. 65, tradução nossa).

A Figura 2 representa a estrutura definida sobre o **SAI** da Teoria Rabardeliana, que nos permite entender as ações de determinados sujeitos ao manipularem uma calculadora científica, nos sentidos: Sujeito-Instrumento (S-I), Instrumento-Objeto (I-O), Sujeito-Objeto (S-O), bem como a relação Sujeito-Objeto mediada pelo Instrumento [S(I)-O].

### **Tarefas Desenvolvidas em Sala de Aula**

Após a produção e organização dos dados da pesquisa emergiram três categorias de análise constatadas no processo de estudo instaurado pelos pesquisadores. Tais categorias nos indicam supostos níveis na transição de artefato a instrumento do modelo SAI. Essa afirmação decorre de a Teoria de Rabardel não apresentar fases que forneça indícios de como se dá a passagem de artefato a instrumento no processo de Gênese Instrumental.

- **Categoria I:** artefato como instrumento inicial;
- **Categoria II:** artefato como instrumento intermediário;
- **Categoria III:** artefato como instrumento final.

Para observar as características que nos possibilitasse de forma gradativa constatar o fenômeno de transição de artefato a instrumento apresentamos três tarefas: a primeira envolvendo resolução de expressões numéricas; a segunda tratando de juros compostos e a terceira abordando a noção de limite, a partir da resolução de uma equação exponencial. Os materiais utilizados foram: calculadoras científicas, caneta, lápis e papel.

#### **Tarefa 1: instrumento inicial**

Nessa tarefa tivemos como objetivo conhecer as experiências (ou não) pessoais dos graduandos com a calculadora científica, ou seja, levantar os aspectos como artefato ou instrumento. Esse momento inicial deve propiciar aos aprendizes conhecimentos sobre algumas funções básicas do equipamento, em nosso caso, a calculadora científica, tais como: especificações do modo de cálculo, configuração das definições da calculadora, inserção de expressões da calculadora, sequência de prioridade de cálculos, cálculos básicos, cálculos de função, cálculo de valores estimados, intervalos, número de dígitos, precisão de cálculo e mensagens de erros.

Assim, todos os grupos foram levados a discutir e mostrar seus registros na manipulação da calculadora científica que passou a fazer parte do processo de estudo. Como prevê a teoria a máquina é manipulada como um artefato da Relação Instrumental, a calculadora em questão será o equipamento de mediação entre sujeito, instrumento e objeto, caracterizando Esquemas de Uso nesse primeiro momento.

Escolhemos a calculadora científica por considerar que a integração da calculadora além de atender as necessidades dos graduandos em qualquer curso auxilia na prática do professor e passa a fazer parte do arsenal de que dispõe para atingir seus objetivos, e ainda contribui com o processo de estudo para que o graduando venha a compreender, ter acesso e explorar diferentes aspectos do saber em cena.

Rabardel (1995) afirma que a descoberta de um artefato pelo sujeito acontece ao longo de sua apropriação em situação de uso, portanto no decorrer do enfrentamento de uma sequência de tarefas o usuário do artefato elabora seu instrumento de acordo com suas possíveis restrições e limitações. Nesse sentido, a ação do indivíduo é que abre possibilidades para novos estudos.

A tarefa foi realizada de forma a favorecer a comunicação de ideias dos graduandos, para que esses pudessem socializar seus procedimentos. Assim, todos os grupos foram levados a discutir e mostrar seus Esquemas de Uso na calculadora científica, e também os Esquemas de Uso no papel e lápis.

Nessa primeira tarefa estiveram presentes 30 graduandos da turma B- 306 de Engenharia Mecânica e Elétrica e a mesma quantidade da turma D-103, do curso de Engenharia Civil, ou seja, Grupo B-306 subdivididos em cinco grupos com seis graduandos e Grupo D-103 subdivididos na mesma proporção do anterior, para os quais a tarefa proposta foi calcular expressões numéricas utilizando a calculadora científica. A tarefa centrou-se na manipulação da calculadora científica em resolver expressões numéricas, observando seus Esquemas de Uso.

A tarefa consistiu de duas expressões numéricas (a) e (b) apresentadas aos subgrupos do grupo B-306 e aos subgrupos do grupo D-103 para resolverem utilizando a calculadora científica.

**Tarefa 1** - Resolver as seguintes expressões numéricas, utilizando a calculadora científica: a)  $(-5) + (8 \times 7) + 24(-6) + 10$  e b)  $[(8 \times 3) + 5^2] + [(-5) + (4 \times 3) - 1^3]$

Nessa tarefa, nossa expectativa era que os subgrupos resolvessem primeiro as expressões numéricas na calculadora científica e depois fizessem os seus registros nos seus cadernos, mas ocorreu o inverso efetivaram os registros nos cadernos (Figura 3) e em seguida registraram na calculadora. Neste caso, consideramos a

recomendação de Nunes (2011) ao inferir que nas tarefas desenvolvidas com auxílio de recursos como computador e calculadora necessitam ser associados à manipulação com lápis e papel.

**Figura 3** - Esquema de resolução com lápis e papel

$$\begin{aligned}
 \text{a) } & (-5) + (8 \times 7) + 24 \div (-6) + 10 = \\
 & = -5 + 56 - 4 + 10 \\
 & = 51 + 6 \\
 & = 57
 \end{aligned}$$

$$\begin{aligned}
 \text{b) } & [(8 \times 3) + 5^2] + [(-5) + (4 \times 3)] - 1^3 = \\
 & = [24 + 25] + [-5 + 12] - 1^3 = \\
 & = [24 + 25] + [-5 + 12] - 1 = \\
 & = 49 + 7 - 1 = 56 - 1 = 55
 \end{aligned}$$

Fonte: Dados da pesquisa

Constatamos que todos os grupos encontraram o mesmo resultado no caderno, mas ao tentarem encontrá-lo na calculadora, embora as expressões numéricas fossem simples, os subgrupos tiveram dificuldades para utilizar algumas funções da calculadora, por exemplo, a tecla  $x^2$  e  $x^3$ , cuja mesma função pode ser encontrada na tecla  $\wedge$  (expoente para potenciação).

Após finalizarem a tarefa, indagamos aos grupos sobre quais as maiores dificuldades encontradas:

**Grupo B-306** (subgrupo 1): ... no papel foi mais fácil, mas na calculadora tivemos dificuldade porque colocamos a fórmula errada na calculadora.

**Grupo D-103** (subgrupo 2): No papel foi mais fácil, na calculadora foi mais difícil, mas conseguimos o resultado correto.

**Grupo B-306** (subgrupo 3): Nós do subgrupo acreditamos que a calculadora deveria ser de uso padrão nas instituições de ensino, mas o aluno deve primeiro calcular manualmente para depois usar a calculadora.

As dificuldades apresentadas pelos graduandos segundo Rabardel (2004) deve-se a falta de hábito desses em utilizar a calculadora regularmente, já que ao (re) conhecer um artefato não acontece de imediato, mas ao longo de sua apropriação em situação de uso, no decorrer de uma tarefa, quando elabora seu instrumento de acordo com suas possibilidades, abrindo caminho para as novas aprendizagens.

Nessa análise da tarefa 1, observamos que as hierarquias das operações aritméticas (adição, subtração, multiplicação, divisão e potenciação), os registros da sequência das expressões numéricas corretas e a colocação dos símbolos (parênteses, colchetes e chaves) são fundamentais para a compreensão do conhecimento matemático, que no nosso caso são as expressões numéricas (objeto). Nesse momento identificamos a primeira categoria de análise, que chamamos de **Instrumento Inicial** na manipulação do sujeito, através de seus Esquemas de Ação Instrumentada.

Postulamos então que o **Instrumento Inicial** é o primeiro nível para que o sujeito inicie ações que possam lhe instrumentar ou identificar se já está instrumentado. Alicerçados em Rabardel (1999a, 1999b), assumimos que a calculadora tornou-se instrumento assim que auxiliou nas ações dos graduandos, ou seja, nesse momento eles instituíram o artefato como **Instrumento Inicial** para si na resolução da tarefa, nesse momento constatamos que alguns conheciam funções e teclas que os levaram a resolver a tarefa (instrumentados), mas outros refelaram que não tinham manipulado a calculadora científica nesse tipo de tarefa (não instrumentados).

### **Tarefa 2: Instrumento Intermediária**

A tarefa 2 - adaptada de Stewart (2015) - teve como objetivo resolver problema com juros compostos, aplicando as propriedades convenientes de logaritmos utilizando Esquemas de Ação Instrumentada na calculadora científica. O desenvolvimento dessa tarefa também foi para os grupos B-306 e D-103, dos mesmos cursos de Engenharia já mencionados nessa pesquisa.

**Tarefa 2:** *Uma expressão  $M = A (1 + i)^n$  nos permite calcular o montante  $M$ , resultante da aplicação do Capital  $A$ , a juros compostos, à taxa anual  $i$ , ao complementar um período de  $n$  anos. Nessas condições, se o capital de R\$ 800.000,00 for aplicado a juros compostos e à taxa anual de 12%. Qual o tempo em anos, meses e dias, após aplicação com juros obtidos no valor de R\$ 700.000,00?*

A Figura 4 e 5, nos mostra uma ação executada por um subgrupo de graduandos, no qual registraram de forma correta como se pode verificar nas imagens dos seus Esquemas de Utilização (lápiz e papel e CC).

**Figura 4** - Esquema de resolução da expressão de juros sobre o capital no lápis e papel (parte final dos cálculos)

$$n = \frac{0,2730012721...}{0,0422180227...}$$

$$n = 5,5467744766...$$

$$n \approx 5,547 \quad 5 \text{ ANOS, } 6 \text{ MESES e } 18 \text{ DIAS}$$

Fonte: Dados da Pesquisa

**Figura 5** - Esquema de Ação Instrumentada no visor da CC (parte final)

$$\log (15 \div 8) \div 1 = 5.546774479$$

Fonte: Dados da Pesquisa

Nessa tarefa interpelamos os graduandos a respeito a compra a prazo que já tivessem feito:

**Graduando A do Grupo B-306:** eu já tive experiência com a compra da minha moto. Fiz o plano em 36 parcelas e percebi que tinha que pagar duas motos até concluir as prestações.

**Graduando B do Grupo D-306:** o mesmo aconteceu quando meu pai comprou um carro.

Percebemos a necessidade de intervir para esclarecer porque a compra a prazo encarece o produto.

**Pesquisador:** Os juros compostos são chamados de juros capitalizados porque o seu valor deixa de ser uma taxa, e passa a se tornar capital, ou seja, é o lucro sobre os juros. Os juros compostos atuais sempre são calculados com base nos juros anteriores, em um processo cumulativo, e por isso, seu crescimento é exponencial. Os juros compostos, ou juros sobre juros, é um cálculo comum no sistema financeiro, e muitas pessoas são iludidas com os anúncios de juros

*baixos, e acabam pagando muito acima do valor à vista, como por exemplo, na compra da moto e do carro à prestação como aconteceu com vocês.*

Encerrando a socialização da atividade analisada, percebemos que o problema poderia estar finalizado se o comando não pedisse o cálculo do tempo: qual o tempo em anos, meses e dias da aplicação com juros obtidos no valor de R\$ 700.000,00? Todos os alunos chegaram ao resultado expresso no visor da calculadora de 5,547 aproximadamente (Figura 5), mais, a maioria dos subgrupos não conseguiram transformar esse resultado em tempo como pedia o problema.

Nessa tarefa constatamos o uso do artefato como instrumento, que caracterizamos como **Instrumento Intermediário** na relação do sujeito com instrumento, nossa expectativa era que os graduandos demonstrassem aspectos que a teoria nos indicasse uma mudança de artefato para instrumento, mas constatamos como em Rabardel (1995) que não é fácil contemplar essa ação pelo sujeito, daí o processo de Instrumentalização não foi contemplada também nessa tarefa. Os Sujeitos possuíam uma ação sobre o artefato, decorrente da manipulação da CC, como: ligá-la, registrar a sequência correta observando a relevância da hierarquia das operações, para não chegarem a outros resultados, não trocando os valores, também não trocando a tecla log (logaritmo decimal) por ln (logaritmo neperiano) e assim não conseguiram completar a tarefa, buscando a interação do Sujeito-Objeto intermediado pelo Instrumento.

Um elemento muito forte na busca da consolidação da resposta do problema foi o conhecimento matemático (Objeto), esse objeto de estudo em transformar o número decimal 5,547 aproximadamente em anos, meses e dias na calculadora científica de estudo como o problema propõe, ocasionando uma falta de mobilização do conhecimento matemático e também do uso adequado do instrumento.

Uma questão pertinente dos grupos fez referência a essa questão: **Grupos B-306 e D-103: a nossa CC faz essa transformação? Existe esse recurso?**

Embora, os graduandos não tenham atendido ao comando da questão em sua totalidade Rabardel (1995) explica que o instrumento não pode ser reduzido apenas a um símbolo e sim o resultado de uma técnica aplicada para a transformação da matéria, onde nesse processo está presente em toda uma cadeia de conhecimentos motores, resultante assim de um desenvolvimento progressivo entendido por Salazar (2011) como

as interações que devem se desenvolver em um ambiente formado pelo conjunto de condições que o graduando deve levar em consideração para realizar sua atividade.

Aqui, sustentamos que os graduandos ao realizarem essa manipulação do artefato como instrumento intermediador introduz-se no processo de instrumentação (Sujeito-Instrumento). Consoante Rabardel (1995) os Esquemas de Utilização - ação entre o Sujeito e o Instrumento - se integram no processo de instrumentação e na mobilização de conhecimentos. Assim, configure-se o instrumento intermediário.

### Tarefa 3 - Instrumento Final

A tarefa 3 – adaptada de Hoffmann *et al.* (2015) - teve o objetivo de resolver a equação exponencial, e estimar o valor do limite B, utilizando a calculadora científica quando fosse necessária.

**Tarefa 3:** Se R\$ 1.000,00 são investidos a juros de 9% capitalizados  $n$  vezes por ano, o montante após 1 ano será  $( )^{1/x}$ , onde  $x=1/n$  é o período de capitalização. Assim, por exemplo, se  $n=4$ , o período de capitalização é  $\frac{1}{4}$  de ano, ou seja, 3 meses. No caso da chamada capitalização contínua dos juros, o montante após 1 ano é dado pelo limite:

$$B = ( )^{1/x}$$

Estime o valor desse limite completando a segunda linha da Tabela 1, usando a calculadora científica:

**Tabela 1** – Esquematização para resolução da tarefa 3

x	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
$( )^{1/x}$					

Fonte: Dados da Pesquisa.

Nesta tarefa lançamos a proposta aos grupos para que eles encontrassem os resultados sobre como surgem os limites quando tentamos encontrar a tangente de uma curva ou a velocidade de um objeto e também para analisar o comportamento da função  $f$  definida para valores de  $x$  próximos de  $a$  pela direita e pela esquerda, que são os limites laterais (Nessa tarefa definimos o limite de uma função).

Inicialmente alguns subgrupos resolveram a equação exponencial utilizando conhecimentos prévios mobilizados anteriormente nas aulas de Cálculo Diferencial referentes a resolução de equações exponenciais e de funções algébricas. Porém, é necessário que se esclareça que em alguns momentos surgiram dificuldades em resolver a tarefa apresentada por alguns graduandos, tanto nos Esquemas de Ação Coletiva

instrumental no lápis e papel, quanto seus Esquemas de Ação Coletiva Instrumental na CC. Constatamos esforços de mudanças de Esquemas de Utilização na calculadora na tentativa de aludir a tarefas semelhantes já realizadas. Assim, surgiram os primeiros resultados que possibilitaram o preenchimento da segunda linha da Tabela 1.

A partir do primeiro resultado, constatamos que alguns subgrupos do grupo D-103 não chegaram à resposta correta, mas justificaram a confusão no momento de substituir o primeiro valor  $x = 1$ , pois por falta de atenção erraram o valor de substituição do  $x = 1$ , mas corrigiram e validaram suas respostas com outros subgrupos.

O mesmo aconteceu com o segundo valor a ser substituído  $x = 0,1$ , quando os grupos apresentaram dificuldades na utilização da calculadora, mas conseguiram por meio de seus Esquemas de Utilização finalizar a tarefa (Figura 6).

**Figura 6** - Esquema do cálculo da expressão no lápis e papel

Handwritten calculation on lined paper showing the evaluation of the expression  $1000 \cdot (1 + 0,09)^x$  for  $x = 0,1$ . The student shows the substitution of  $x = 0,1$ , the resulting expression  $1000 \cdot (1 + 0,09 \cdot 0,1)^{0,1}$ , and the final result  $1093,233873$ .

Fonte: Dados da Pesquisa.

A Figura 6 nos mostra essa ação, o sujeito reconhece a hierarquia, através da Ação Coletiva Instrumentada. Esses Esquemas de Utilização por parte de alguns subgrupos se deram consoante a Teoria de Rabardel, no que tange a mudanças de Esquemas de Uso e de Ação Instrumental, nessa ação o sujeito passa de instrumentado a Instrumentalizado.

Caracterizamos o artefato como **Instrumento Final** dessa ação pelo sujeito, ou seja, uma ação coletiva instrumentada, relação final na manipulação do instrumento desde o seu contato entre interações com S(I)-O.

Entendemos esse *Instrumento Final* sendo o terceiro nível do processo de instrumentação, pois são ações modificadas pelos sujeitos da pesquisa do seu instrumento inicial e intermediário.

Esse resultado corrobora com a Teoria de Rabardel (1995, 1999a, 1999b), o autor pontua como a reconstrução por si mesmo dos Esquemas de Utilização de um artefato no decorrer da tarefa, definido como instrumentação, porque analisa os padrões da ação dos sujeitos em relação ao instrumento, ou seja, as técnicas dos graduandos em realizar ações na construção de conhecimento, mobilizados na resolução da tarefa, como: potenciação, multiplicação e divisão de um número natural por um número decimal.

Os cálculos registrados no lápis e papel nos evidenciam domínio das técnicas, ou seja, habilidades com os operadores, como adição, multiplicação e potenciação em relação aos números decimais.

Nesse sentido, Cavalcanti (2011) destaca que os estudos de Rabardel (1995) põe em evidência o papel antropocêntrico do homem no centro das questões adaptativas dos sistemas e máquinas. Numa construção da relação estabelecida entre homens-máquinas, homem-sistema e as tarefas mediadas, se destacam papéis importantes e diferentes, mas não divergentes dos artefatos, Esquemas de Utilização na construção da ação instrumentada pelos sujeitos.

Nessa ótica, observamos que os graduandos conseguiram superar suas dificuldades, pois manipularam a calculadora científica e registraram de forma adequada a sequência dos algoritmos com as hierarquias das operações solicitadas na função modeladora do limite por partes separadamente, como constatamos nas ações instrumentadas referentes as operações realizadas com êxito na calculadora:  $1 \div 0.1 = 10; 1 \div 0.01 = 100; 1 \div 0.001 = 1000$  e  $1 \div 0.0001 = 10000$ .

Essa ação modificadora por parte dos graduandos se deu por terem mais segurança na manipulação da máquina e na mobilização de conhecimentos necessários a resolução, pois tentaram editar a sequência completa da função modeladora do limite, como na Ação Instrumentada da sequência completa da função  $1000 \times (1 + 0.09 \times 0.1)^{1 \div 0.1} = 10.09$ .

Essa sequência mostrada pelos grupos B-306 e D-103, aparentemente não apresentava nenhuma ação perceptível por partes dos sujeitos da pesquisa, mas não era

o valor do  $x$  quando era igual a 0,1 ( $x = 0,1$ ). Em virtude desse acontecimento, surgiram perguntas dessa natureza:

**Graduando Y:** *como está errado o cálculo? Eu fiz foi na Calculadora.*

**Graduando Z:** *a Calculadora poderia nos dizer o erro então!*

Nesse instante evidenciamos a necessidade decorrente dessa situação, em quem confiar: na calculadora científica ou no lápis e papel?

O procedimento  $1000 \times (1 + 0.09 \times 0.1)^{10}$  realizado na calculadora por um dos grupos nos mostra uma ação modificada do sujeito perante o instrumento, pois embora os graduandos não conseguissem chegar ao valor esperado, como transcrito a partir do visor da calculadora  $1000 \times (1 + 0.09 \times 0.1)^{10} = 1093.73$ , o artefato aqui é um instrumento intermediador na ação do sujeito em relação ao objeto de estudo.

Quando perceberam o resultado divergente do esperado, notaram que se tratava da hierarquia das operações na função modeladora do Limite, logo os graduandos mobilizaram Esquemas de Utilização do conhecimento matemático em questão.

O grupo fazia seus cálculos separados e usavam a calculadora só quando era necessário para tornar seus cálculos mais rápidos e não cometeram erros em ambos os recursos que estavam utilizando, pois já haviam sanado as suas interações com o instrumento, conforme Tabela 2.

**Tabela 2:** Tabela de valores do  $( )^{1/x}$

x	1	0,1	0,01	0,001	0,0001
$( )^{1/x}$	1.090	1.093,73	1.094,13	1.094,17	1.094,17

Fonte: Dados da Pesquisa

Essa atividade proporcionou aos graduandos usos de técnicas que completavam suas resoluções como podemos observar na Tabela 2.

Na Abordagem Instrumental de Rabardel (1995), não é necessário apenas incluir os usuários em tarefas que utilizam a tecnologia, mas como um artefato que pode ser transformado em um instrumento. Portanto, devemos considerar os processos pelos quais os usuários transformam o artefato em instrumento, denominada por Rabardel de Gênese Instrumental, baseada no processo de construção das relações sociais e dos sistemas de trabalho das pessoas.

### **Considerações Finais**

Com base nos resultados apresentados percebemos que os graduandos do primeiro semestre de Engenharia, embora tenham apresentado algumas dificuldades na utilização da calculadora, conseguiram organizar seus Esquemas de Utilização e aplicá-los ao instrumento.

Nossa investigação possibilitou evidenciar o uso da calculadora científica na transição de artefato a instrumento nos processos de estudo em torno do Cálculo Diferencial em cursos de Engenharia em uma Universidade particular na cidade de Belém-Pará. Nesse estudo foi possível eleger categorias que podem auxiliar a articulação de tarefas e favorecer a passagem de artefato a instrumento. A particularidade dessas categorias nos levou a denomina-las de **Instrumento Inicial**, **Instrumento Intermediário** e **Instrumento final**.

O momento considerado **Instrumento Inicial** é referente aos primeiros contatos com o recurso que será usado como meio para o ensino de matemática, ou seja, o manuseio propriamente dito do recurso. Nesse caso pode-se encaminhar o uso do equipamento na resolução de tarefas que mobilizem conhecimentos de base para o objeto que será estudado em nosso caso Cálculo Diferencial, pois a ênfase é o manuseio do recurso.

No momento denominado de **Instrumento Intermediário** enfrentam-se tarefas concernentes ao objeto a ser estudado, mas ainda haverá oscilações no uso do recurso que indicará necessidade de auxílio do professor tanto no ensino do objeto em jogo quanto do manuseio adequado do equipamento. Assim, o aprendiz aproxima-se da instrumentação, mas ainda não se configura plenamente tal processo como prevê Rabardel em sua teoria.

Ao chegar no momento de **Instrumento Final** constata-se que o artefato (recurso) usado no ensino se converte em Instrumento. Tem-se o sujeito instrumentado de acordo com a teoria da Gênese Instrumental encaminhando o aprendiz ao passo seguinte da instrumentalização, que não foi o foco dessa pesquisa, mas constatamos indícios desse processo nessa fase. Apesar de usarmos o termo final o indicativo é de início do uso pleno do recurso que é o da instrumentalização.

Dessa forma, os graduandos construíram um conjunto de esquemas: esquemas para resolver expressões numéricas, para solucionar equação exponencial, esquemas para cálculo de juros compostos, dentre outros. Essa dinâmica é considerada como dispositivos que o professor utiliza para conduzir a construção de esquemas e assim facilitar o seu controle.

À medida que os graduandos realizavam as tarefas iniciou-se um processo de apropriação da calculadora como instrumento uma vez que esquemas de uso foram sendo construídos, ou seja, o artefato foi se integrando à estrutura cognitiva dos sujeitos, num processo denominado de autoconstrução.

Essa autoconstrução dirigida é indício do processo de instrumentação uma vez que acionaram o processo de apropriação do instrumento mudando a visão que se tinha do artefato (calculadora) e enriquecendo assim as possibilidades de uso como instrumento nos três níveis caracterizados na pesquisa, e não consolidando esses níveis como produto final de estudo desse trabalho e nem da Abordagem Instrumental de Rabardel.

À medida que outras tarefas eram realizadas, os graduandos puderam atribuir outros usos a calculadora uma vez que a mesma não estava sendo utilizada segundo a visão inicial, como um dispositivo no processo de estudo, mas sim, provocou nos graduandos modificações na relação com o artefato e com as suas funções e potencialidades, ocasionando indícios de uma ação de instrumentalização que acreditamos.

As tarefas trabalhadas nos cursos de Engenharia Civil, Elétrica e Mecânica pelos graduandos na disciplina de noções de Cálculo Diferencial, além de estabelecer a relação entre o artefato e os conhecimentos matemáticos dos mesmos, facilitaram o desenvolvimento de estratégias no processo de avaliação que se apresenta como perspectiva de pesquisas futuras, no sentido de favorecer a avaliação formativa.

Além disso, há necessidade de aprofundar estudos sobre sequências de tarefas voltadas ao Cálculo Diferencial e Integral que possam contemplar o processo de instrumentalização, pois as tarefas aqui desenvolvidas voltaram-se para a transição do artefato a instrumento no processo de instrumentação.

## Referências

- ARTIGUE, Michèle. La enseñanza de los principios del cálculo: problemas epistemológicos, cognitivos y didácticos. En Artigue, M.; Douady, R.; Moreno, L. y Gómez, P. (editor). **Ingeniería didáctica en educación matemática**, p. 97-140. Bogotá: Una Empresa Docente. Grupo Editorial Iberoamérica, 1995.
- ALMEIDA, A. C.; OLIVEIRA, H. O processo de gênese instrumental e a calculadora gráfica na aprendizagem de funções no 11.º ano. **Quadrante**, 2009, 19(1,2), 87-118.
- BALDIN, Y. Y; BALDIN, N. Calculadoras Gráficas como Auxiliar Didático no Ensino de Matemática para as Engenharias. In: XXIX Congresso Brasileiro de Ensino de Engenharia, **Anais Eletrônicos**, pp. 112-118, Porto Alegre, 2001.
- BITTAR, Marilena. A abordagem instrumental para o estudo da integração da tecnologia na prática pedagógica do professor de matemática. **Educar em Revista**. Curitiba, Brasil, n. Especial 1/2011, p. 157-171, 2011.
- CAVALCANTI, Gutemberg. Vídeos de Matemática: artefato ou instrumento, qual seu lugar? **XIII CIAEM-IACME**, Recife, Brasil, 2011.
- CONSCIÊNCIA, Maria Madalena Correia. **A calculadora gráfica na aprendizagem das funções no ensino secundário**. Tese elaborada para a obtenção do grau de doutor em Educação (Didática da Matemática). Universidade de Lisboa, 2013.
- GROVES, S. The effect of calculator use on third and fourth graders' computation and choice of calculating device. In: **PME 18**, vol.3. Lisboa / Portugal, 1994.
- GUIN, D; TROUCHE, L. The complex process of converting tools into mathematical instruments: The case of calculators. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, 1999.
- QUINTHER, A. **Análise do desempenho de alunos do ensino fundamental em jogos matemáticos: reflexões sobre o uso da calculadora nas aulas de matemática**. Mestrado profissional em ensino de Matemática. São Paulo, 2009.
- HAGUETTE, T. M. F. **Metodologias qualitativas na sociologia**. 6 ed. Petrópolis: Vozes, 1999. 224p.
- HOFFMANN, L. D. *et al.* **Cálculo - Um Curso Moderno e Suas Aplicações**. 11 ed. Rio de Janeiro: LTC. 2015.
- LOUREIRO, C.; SILVA, A.; VELOSO, M.G. **Calculadoras na Educação Matemática – Atividades**. Lisboa: Associação de Professores de Matemática, 1989.
- NUNES, J. M. V. **A Prática da Argumentação como Método de Ensino: O Caso dos Conceitos de Área e Perímetro de Figuras Planas**. 2011. 217 f. Tese (Doutorado em Educação Matemáticas). Programa de Estudos Pós-Graduados em Educação Matemática. Pontifícia Universidade Católica de São Paulo, PUC-SP, São Paulo, 2011.

RABARDEL, P. **Les hommes et les technologies**. Approche cognitive des instruments contemporains. Paris: Armand Colin, 1995.

\_\_\_\_\_. Éléments pour une approche instrumentale en didactique des mathématiques. In: BAILLEUL, M. (Ed.). **Actes de la Xème Ecole d'Été en Didactiques des Mathématiques**. Houlgate: IUFM de Caen, 1999a. p. 202-213.

\_\_\_\_\_. Le langage comme instrument? Éléments pour une théorie instrumentale étendue. In: CLOT, Y. (Sous la direction de). **Avec Vygotski**. Paris: La Dispute/SNÉDIT, 1999b. p. 265-289.

\_\_\_\_\_. O método instrumental em psicologia. In: VIGOTSKI, L. S. **Teoria e método em psicologia**. 3 ed. São Paulo: Martins Fontes, 2004. p. 93-101.

SALAZAR, J. V. F. Desenvolvimento de esquemas de utilização na interação com Geometria Dinâmica. **Revista Iberoamericana de Educación Matemática**. Setembro de 2011, Número 27, páginas 169- 178 ISSN: 1815-0640.

SOUSA JUNIOR, M. A. **A Calculadora Científica na Transição de Artefato A Instrumento**: uma abordagem instrumental nos cursos de engenharia. 2016. 103 f. (Dissertação de Mestrado). Programa de Pós-Graduação em Educação em Ciências e Matemática. Universidade Federal do Pará. UFPA, Belém. 2016.

STEWART, James. **Cálculo**. v.1. São Paulo, Cengage Learning, 2015.

TROUCHE, L. From artifact to instrument: mathematics teaching mediate by symbolic calculators. **Interacting with Computers**, n. 15, 2003.

\_\_\_\_\_. Managing the complexity of human/machine interactions in computerized learning environments: Guiding students' command process through instrumental orchestrations. **International Journal of Computers for Mathematical Learning**, 2004, 9 (3), 281-307.

## Sobre os autores

### Mario Alexandre de Sousa Junior

Autor da Dissertação de Mestrado que originou o artigo

Mestre da Secretaria de Estado de Educação do Pará (SEDUC-PA). E-mail

[mariojuniorprof@yahoo.com.br](mailto:mariojuniorprof@yahoo.com.br) Orcid: <https://orcid.org/0000-0003-4829-4653>

### José Messildo Viana Nunes

Orientador da Dissertação de Mestrado que originou o artigo

Professor Doutor da Universidade Federal do Pará (UFPA). E-mail: [messildo@ufpa.br](mailto:messildo@ufpa.br)

Orcid: <https://orcid.org/0000-0001-9492-4914>

Recebido em: 10/03/2019

Aceito para publicação em: 28/03/2019