



**UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA  
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA  
DEPARTAMENTO DE FÍSICA  
CURSO DE LICENCIATURA PLENA EM FÍSICA**



**DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DA ACELERAÇÃO DA  
GRAVIDADE ATRAVÉS DE UM SIMPLES APARATO  
EXPERIMENTAL**

**MARCONI JOSÉ SIQUEIRA PEQUENO NASCIMENTO**

Campina Grande – Paraíba  
Dezembro de 2011

**MARCONI JOSÉ SIQUEIRA PEQUENO NASCIMENTO**

**DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE  
ATRAVÉS DE UM SIMPLES APARATO EXPERIMENTAL**

*Trabalho de Conclusão de Curso apresentado  
ao curso de Licenciatura em Física da  
Universidade Estadual da Paraíba, em  
cumprimento às exigências para obtenção do  
título de graduado em Licenciatura em Física.*

**Orientadora: Morgana Lígia de Farias Freire**

Campina Grande – Paraíba  
Dezembro de 2011

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

N244d Nascimento, Marconi José Siqueira Pequeno.  
Determinação do módulo da aceleração da gravidade através de um simples aparato experimental [manuscrito] / Marconi José Siqueira Pequeno Nascimento. - 2011.  
9 p. : il. color.

Digitado.  
Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Física) - Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e Tecnologia, 2011.  
"Orientação: Profa. Dra. Morgana Lígia de Farias freire, Departamento de Física".

1. Aceleração da gravidade. 2. Ensino de Física. 3. Recursos didáticos. I. Título.

21. ed. CDD 530

MARCONI JOSÉ SIQUEIRA PEQUENO NASCIMENTO

DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE  
ATRAVÉS DE UM SIMPLES APARATO EXPERIMENTAL

BANCA EXAMINADORA

Aprovada em 14 / 12 / 2011.



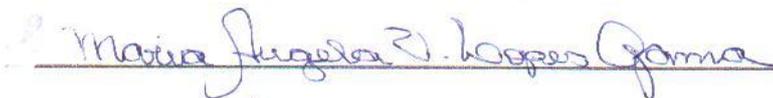
Prof. Morgana Lígia de Farias Freire DF/UEPB

(Orientadora)



Prof. Elialdo Andriola Machado DF/UEPB

(Examinador)



Prof. Maria Ângela Vasconcelos Lopes Gama DF/UEPB

(Examinadora)

Campina Grande – Paraíba  
Dezembro de 2011

## DEDICATÓRIA

- Aos meus pais (in memoriam)

## **AGRADECIMENTOS**

- À Professora Doutora Morgana Lúgia de Farias Freire pela paciência, dedicação e incentivo que me foi dado durante a minha permanência nesta instituição, na qual tornou possível a realização deste trabalho através de sua orientação e da transmissão de seus conhecimentos.
- Aos meus familiares pelo apoio, confiança e incentivo em todos os momentos dessa jornada espacial.
- Aos funcionários do Departamento de Física pela grata convivência durante a minha permanência neste departamento.
- A todos que direta ou indiretamente possibilitaram a conclusão desse trabalho.

## RESUMO

O homem, desde o início da sua história, vem moldando-se e adaptando-se às transformações sociais, por esse motivo cria soluções para problemas que surgem com o crescimento da sociedade da qual faz parte. Na esfera da Educação não é diferente. A busca por novos dispositivos que favoreçam o aprendizado é contínua e a utilização dos métodos tradicionais não é descartada. Nessa perspectiva, trazemos como proposta neste trabalho, utilizar como recurso didático montagens experimentais a serem abordadas em sala de aula concomitantemente com as problematizações iniciais, sendo o público alvo, os alunos do ensino médio. Em particular, abordaremos o tema de Queda Livre, buscando determinar o valor da aceleração da gravidade local utilizando um aparato produzido com poucos recursos.

**PALAVRAS-CHAVE: ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE, APARATO EXPERIMENTAL SIMPLES, ENSINO DE FÍSICA.**

# DETERMINAÇÃO DO MÓDULO DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE ATRAVÉS DE UM SIMPLES APARATO EXPERIMENTAL

Marconi José Siqueira Pequeno Nascimento <sup>a</sup> [e-mail  
(Marconi\_fisica@yahoo.com.br)]

Morgana Lígia de Farias Freire <sup>b</sup> [e-mail (morgana.ligia@bol.com.br)]

<sup>a</sup> CURSO DE LICENCIATURA EM FÍSICA - UEPB (ESTUDANTE DO TCC)

<sup>b</sup> DEPARTAMENTO DE FÍSICA - UEPB (ORIENTADOR DO TCC)

## RESUMO

O HOMEM, DESDE O INÍCIO DA SUA HISTÓRIA, VEM MOLDANDO-SE E ADAPTANDO-SE ÀS TRANSFORMAÇÕES SOCIAIS, POR ESSE MOTIVO CRIA SOLUÇÕES PARA PROBLEMAS QUE SURGEM COM O CRESCIMENTO DA SOCIEDADE DA QUAL FAZ PARTE. NA ESFERA DA EDUCAÇÃO NÃO É DIFERENTE. A BUSCA POR NOVOS DISPOSITIVOS QUE FAVOREÇAM O APRENDIZADO É CONTÍNUA E A UTILIZAÇÃO DOS MÉTODOS TRADICIONAIS NÃO É DESCARTADA. NESSA PERSPECTIVA, TRAZEMOS COMO PROPOSTA NESTE TRABALHO, UTILIZAR COMO RECURSO DIDÁTICO MONTAGENS EXPERIMENTAIS A SEREM ABORDADAS EM SALA DE AULA CONCOMITANTEMENTE COM AS PROBLEMATIZAÇÕES INICIAIS, SENDO O PÚBLICO ALVO, OS ALUNOS DO ENSINO MÉDIO. EM PARTICULAR, ABORDAREMOS O TEMA DE QUEDA LIVRE, BUSCANDO DETERMINAR O VALOR DA ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE LOCAL UTILIZANDO UM APARATO PRODUZIDO COM POUCOS RECURSOS.

Palavras-chave: ACELERAÇÃO DA GRAVIDADE, APARATO EXPERIMENTAL SIMPLES, ENSINO DE FÍSICA.

## 1 INTRODUÇÃO

O processo educacional foi criado desde o início da história da humanidade. O homem para fazer parte de uma sociedade deveria seguir ou administrar regras que eram impostas na época e que visava a uma forma de organização. Com o passar dos anos, esse processo educacional foi se aprimorando devido às modernizações que a sociedade enfrentou, com isso novas regras ou objetivos foram traçados para melhorar as condições de vida do indivíduo, surgindo assim novas formas de organização e, conseqüentemente, novos paradigmas foram respeitados e seguidos (PILETI, 1999).

Desta forma, o homem se apropria cada vez mais de artifícios que facilitam a compreensão e a absorção dos conhecimentos, ora privilegiando uma área de estudo, ora se dedicando com mais vigor a outra. Sabemos, pois, que o conhecimento não é algo construído de forma fragmentada, uma vez que todas as ciências compartilham de ideias semelhantes e são articuladas (BORDENAVE, 1980).

Segundo Libâneo (1994) a educação na escola ocorre a partir da instrução e do ensino com propósitos determinados que seja fortemente ligado às práticas sociais, e são desenvolvidas tanto através da assimilação dos conhecimentos como das experiências acumuladas por outras gerações.

Todas as áreas de conhecimento, portanto, devem fazer uma retrospectiva e uma reflexão para observar e analisar como está se processando o ensino nas áreas de estudo, ou seja, se o objeto de estudo está sendo visto como necessita ser, quais os meios utilizados pelo professor para transmiti-los, como as atividades acontecem, se

os alunos são receptivos à disciplina que é ministrada. Nesse sentido, a partir da elaboração dos Parâmetros Curriculares Nacionais (PCN's, 1999) o sistema educacional sofreu uma nova reformulação. Segundo esses parâmetros, devemos aplicar os conteúdos adotando os seguintes enfoques:

- Os conteúdos devem se constituir em fatos, conceitos, procedimentos, valores e atitudes como também devem favorecer à construção de uma visão de mundo e ainda serem relevantes do ponto de vista social e cultural.
- O estudo de vários fenômenos físicos deve ser realizado a partir de suas propriedades, buscando utilizar ao máximo a experimentação como meio de investigação destes fenômenos, facilitando assim o aprendizado dos conceitos apresentados.
- A evolução da Ciência deve ser mostrada desde as primeiras descobertas até os dias atuais.

Nestes mesmos parâmetros percebe-se uma tendência na formação de competências cognitivas e habilidades instrumentais que os alunos devem desenvolver de modo que os permita agir com criticidade e teor reflexivo consistente no seu entorno social. De forma sucinta os PCN's nos informam:

“[...] capacidade de abstração, desenvolvimento do pensamento sistêmico, ao contrário da compreensão parcial e fragmentada dos fenômenos, a criatividade, a curiosidade, a capacidade de pensar múltiplas alternativas para a solução de um problema, ou seja, o desenvolvimento do pensamento divergente, capacidade de trabalhar em equipe, desenvolvimento do pensamento crítico, do saber comunicar-se, capacidade de buscar conhecimentos.” (PCNEM; 1999, p. 74) [ ]

Nessa perspectiva, buscamos apresentar uma proposta experimental para ser utilizada como recurso didático no ensino da queda dos corpos. É mister ressaltar que todas estas abordagens devem ser feitas de forma criteriosa bem como cautelosa. Tomando-se estes cuidados, o ensino de Física nas séries do Ensino Médio poderá apresentar um melhor rendimento, favorecendo a um aprendizado significativo.

## **2 A QUEDA DOS CORPOS**

O grande Físico e Astrônomo Italiano Galileu Galilei, tido como o pai do Método Experimental, nasceu em Pisa no ano de 1564. Conta-se que certa vez Galileu quando assistia uma missa na Catedral de Pisa teve sua atenção presa ao movimento pendular do candelabro. Interessou-se em cronometrar o tempo das oscilações com os batimentos do próprio pulso. Esta observação o deixou muito intrigado, verificou que embora as oscilações se tornassem cada vez menores - pois o pêndulo ia parando - o tempo de oscilação permanecia inalterado. Ainda estudando o movimento pendular, as observações mostraram que o período do pêndulo dependia do comprimento do fio e não dependia do peso do pêndulo, ou seja, pesos diferentes apresentavam o mesmo período, levando assim a Galileu raciocinar da seguinte

forma: usando dois pêndulos de comprimentos iguais e de massas diferentes oscilando concomitantemente, estes pêndulos gastam o mesmo tempo para “cair” ou seja, para se deslocar da parte mais alta até a parte mais baixa da trajetória. Portanto como o movimento de queda dos corpos e o movimento pendular tem o mesmo agente causador – a gravidade – se essas duas pedras forem abandonadas juntas de uma mesma altura, elas devem cair de forma simultânea, chegando juntas ao solo.

Não satisfeito com as observações que já havia realizado, Galileu parte para outras observações buscando uma maior comprovação acerca do movimento de queda dos corpos. O maior obstáculo que Galileu encontrava era na relação entre os espaços percorridos pelo corpo em queda com o respectivo tempo gasto no percurso, pois os efeitos da aceleração da gravidade nos corpos em queda livre são intensos, o que dificulta na percepção pelos nossos sentidos. Sendo assim, Galileu faz uso de um plano inclinado na tentativa de prolongar o tempo de queda dos objetos em estudo. Vejamos todo o processo conforme Galileu relata:

[...] Numa ripa, ou melhor, numa viga de madeira com o comprimento aproximado de oito braças, uma largura de meia braça num lado e três dedos no outro, foi escavada uma canaleta neste lado menos largo com pouco mais que um dedo de largura. No interior desta canaleta perfeitamente retilínea, para ficar bem polida e limpa, foi colada uma folha de pergaminho que era polida até ficar bem lisa; fazíamos descer por ele uma bola de bronze perfeitamente redonda e lisa. Uma vez construído o mencionado aparelho, ele era colocado numa posição inclinada, elevando sobre o horizonte uma de suas extremidades até a altura de uma ou duas braças, e se deixava descer (como afirmei) a bola pela canaleta, anotando como exporei mais adiante o tempo que empregava para uma descida completa; repetindo a experiência muitas vezes para determinar a quantidade de tempo, na qual nunca se encontrava uma diferença nem mesmo da décima parte de uma batida de pulso. Feita e estabelecida com precisão tal operação, fizemos descer a mesma bola apenas por uma quarta parte do comprimento total da canaleta; e, medido o tempo de queda, resultava ser sempre rigorosamente igual à metade do outro. Variando a seguir a experiência e comparando o tempo requerido para percorrer a metade, ou os dois terços, ou os três quartos, ou para concluir qualquer outra fração, por meio de experiências repetidas mais de cem vezes, sempre se encontrava que os espaços percorridos estavam entre si como os quadrados dos tempos e isso em todas as inclinações do plano, ou seja, da canaleta, pela qual se fazia descer a bola. Observamos também que os tempos de queda para as diferentes inclinações do plano mantinham exatamente entre si aquela proporção que, como veremos mais adiante, foi encontrada e demonstrada pelo autor. No que diz respeito à medida do tempo, empregávamos um grande recipiente cheio de água, suspenso no alto, o qual, por um pequeno orifício feito no fundo, deixava cair um fino fio de água, que era recolhido num pequeno copo durante todo o tempo em que a bola descia pela canaleta ou por suas partes. As quantidades de água assim recolhidas com uma balança muito precisa, sendo as diferenças e proporções entre os pesos correspondentes às diferenças e proporções entre os tempos; e isso

com tal precisão que, como afirmei, estas operações, muitas vezes repetidas, nunca diferiam de maneira significativa [...] (FAVARO, p. 212-213).

Outro arremate que Galileu desemboca se refere ao agrupamento de suas ideias, onde a ação da gravidade é responsável pela queda dos corpos seja em um plano inclinado seja em um movimento pendular ou mesmo em um movimento vertical, onde o fator se modifica de intensidade provem de uma mesma constante. Articulando suas ideias, Galileu enfoca:

[...] O que foi demonstrado no referente às quedas verticais, também acontece do mesmo modo para os movimentos que se realizam em planos inclinados quaisquer; supusemos, com efeito, que em tais planos os graus de velocidade aumentam sempre na mesma proporção, ou seja, proporcionalmente ao tempo, ou ainda, segundo a simples série dos números inteiros [...] (GALILEI, 1988, p.177).

Galileu fez uso do método matemático-experimental realizando diversas observações mensuráveis. Em suas investigações sobre a queda dos corpos, buscou as condições experimentais ideais, minimizando ao máximo os efeitos externos, tais como atrito e resistência do ar.

Segundo Curado (1999), o resgate histórico de tais atividades experimentais como também o resgate destes procedimentos didáticos para sala de aula, com formato de atividades experimentais, podem contribuir para o processo de ensino e aprendizagem, pois permitem refletir sobre a ação, ativando assim uma reflexão com maior grau de criticidade e cientificidade. Curado pondera: “o experimento propicia, além de identificar as variáveis que estão sendo consideradas relevantes, chegar a conclusões que colocam em cheque muitas das respostas reveladas pela sondagem e pela discussão da classe...” (CURADO, 1999, p. 68).

Baseado em todas as observações já aqui supracitadas, apresentamos como uma proposta de trabalho, utilizar um aparato para determinação do valor da aceleração da gravidade local que será descrito a seguir.

### **3 CONSTRUÇÃO DO APARATO EXPERIMENTAL**

Para colocar em prática tal proposta, fizemos uso de uma montagem experimental utilizando materiais de baixo custo e que traga resultados satisfatórios, apresentando um desvio padrão aceitáveis (da ordem de 5%). Para a montagem do aparato experimental, necessita-se de: uma base de madeira (MDF<sup>1</sup>) de 40x70 cm<sup>2</sup>, com

---

<sup>1</sup> MDF é um material de madeira internacionalmente conhecido, cuja abreviação vem do inglês Medium-density fiberboard. Em português a designação correta é placa de fibra de madeira de média densidade.

espessura de 6 mm (Figura I); dois suportes laterais de madeira (MDF) de 110x14 cm<sup>2</sup>, com espessura de 9 mm (Figura II); duas bases de 8,5x31 cm<sup>2</sup>, com espessura de 6 mm, contendo um furo de 30 mm de diâmetro no centro das duas bases (Figura III); duas varetas de 1,5x31 cm<sup>2</sup>, com espessura de 12 mm, contendo um chanfro no ponto médio das duas varetas, que servem de guia (Figura IV); uma base de sustentação de 5x20 cm<sup>2</sup>, com espessura de 2,5 mm (Figura V); 2 m de fio flexível número 28; um cronômetro (ou relógio que contenha cronometragem) com fios adaptados nos extremos do botão de acionamento do cronômetro; 5 cm de fio número 12 desencapado (este elemento será conectado a base da Figura V); 20 cm de “cabo flex<sup>2</sup>” com 2,5 mm de diâmetro desencapado que foi conectado as varetas da Figura IV; um filete de chapa de aço zincada de 3x20 cm que foi fixado na base da Figura I. O Fio flexível foi utilizado para ligar o cronômetro aos elementos das Figuras IV e V. A fixação de todos os elementos de MDF será feita com cola para madeira. Por se trabalhar com MDF, é aconselhável que se utilize algum tipo de verniz para impermeabilizar, evitando assim que o aparato absorva umidade. Para um melhor deslizamento da base da Figura V, que estará encaixada nas varetas da Figura IV, aconselha-se que se passe um pouco de cera em pasta (de polir piso).

Com o auxílio da equação de Galileu, que relaciona a distância percorrida com o tempo gasto na queda teremos a oportunidade de determinar o valor da aceleração da gravidade local. Da mesma forma que se procede em qualquer atividade experimental, precisa-se realizar o experimento um número n de vezes e fazer uso dos dispositivos de minimização dos erros cometidos excluindo os valores extremos.



Figura I – Base de Madeira do aparato experimental.



Figura II – Suporte lateral de madeira do aparato experimental.

---

<sup>2</sup> Fio de Cobre Flexível.



Figura III – Bases de madeira com um furo central do aparato experimental.



Figura IV – As Bases de madeira com um furo central e os suportes laterais após a montagem dos mesmos do aparato experimental (elementos de madeira).



Figura V – Ligação do cronometro aos elementos de madeira do aparato experimental.



Figura VI – Ligação do cronometro aos elementos de madeira do aparato experimental.



Figura VII – O aparato experimental construído para determinação do valor da aceleração da gravidade.

#### 4 PROCEDIMENTOS DE MONTAGEM

**A** Primeiramente devemos fixar os dois suportes laterais (Figura II) na base de apoio (Figura I). Fazendo uso de cola e de filetes em forma de cunha esta sustentação será ideal.

**B** A seguir, devemos fixar uma das bases com furo central (Figura III) nas bases laterais (Figura II) utilizando cola.

**C** Após fixar a primeira base com furo devemos fixar as varetas (Figura III) com o chanfro voltado para dentro, também utilizando cola.

**D** Logo após fixamos a segunda base com furo central, tomando o cuidado de centralizar bem os furos.

**E** O resultado do acoplamento se encontra representado na Figura IV.

**F** A base de sustentação do corpo que será liberado em queda livre (Figura V) fica acoplada ao chanfro que foi feito nas varetas, de modo que possa correr livremente.

**G** O elemento metálico que está fixado na base de apoio (Figura I) pode ser visualizado na Figura VI.

**H** A montagem completa se encontra representada na Figura VII.

**I** A ligação do cronômetro será feita de forma a se ter sincronismo, sendo acionado no exato instante em que a esfera for abandonada da vareta nº 2 e sendo travado no exato instante em que a esfera atingir o elemento metálico que estará fixado na base de madeira. Para tanto, necessitaremos abrir o cronômetro e fazer a conexão dos fios com o elemento metálico e do fio que será fixado na vareta nº 2.

**J** Para um melhor resultado deve-se buscar uma altura mínima de 100 cm para a queda da esfera.

## 5 FUNCIONAMENTO DO APARATO EXPERIMENTAL

O funcionamento do aparato experimental é muito simples. Inicialmente devemos posicionar a esfera no ponto de apoio (base com furo central – Figura III) e em seguida devemos, o mais rápido possível, puxar a base de sustentação. Desta forma a esfera será liberada (a partir do repouso) e cairá de uma altura conhecida. No momento em que a esfera começar o seu movimento de queda livre, o cronômetro será acionado pelo conector nº 1, que estará interligado aos polos do cronômetro. Ao atingir a base do aparato (Figura I), a esfera atingirá o conector nº 2, o que irá travar o cronômetro, nos informando assim o tempo de queda da esfera. Fazendo uso da função horária da posição no movimento de queda livre elaborada por Galileu, encontraremos o valor da aceleração da gravidade. Para uma maior precisão na obtenção do valor da aceleração da gravidade, devemos realizar o experimento 20 vezes, cancelando os 4 valores extremos. De posse dos 16 valores intermediários do tempo, devemos calcular a média aritmética. É necessária muita atenção no cronômetro, verificando a cada coleta de dados se o mesmo se encontra zerado. A seguir, apresentamos uma proposta de trabalho experimental a ser desenvolvida com um grupo de alunos (grupo de no máximo 8 alunos).

## 6 A PROPOSTA EXPERIMENTAL

Sugerimos uma proposta experimental para que possa ser realizada com caráter investigativo e quantitativo.

ETAPAS PARA O PROCEDIMENTO DE COLETA DE DADOS

**a** Meça a altura de queda da esfera ( $h = \underline{\hspace{2cm}}$ )

**b** Preencha a Tabela 1 com os dados obtidos no cronômetro.

t (s)							... 20 medidas
-------	--	--	--	--	--	--	----------------

**c** Com o objetivo de minimizar os erros cometidos sugerimos eliminar os quatro valores extremos e preencha a Tabela 2.

t (s)							... 16 medidas
-------	--	--	--	--	--	--	----------------

**d** Calcule o tempo médio de que da esfera.

**e** Fazendo uso da função horária da posição do MUV determine o valor da aceleração da gravidade.

**f** Determine o erro percentual cometido, considerando  $g = 9,81 \text{ m/s}^2$  como sendo o valor teórico.

**g** O valor obtido no experimento foi satisfatório? Considere um valor satisfatório com um erro percentual da ordem de 5%.

## 7 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O universo de lúdico que podemos criar com montagens experimentais é imensurável. A capacidade lúdica se relaciona diretamente com a pré-história de vida, acreditando ser, portanto, um saber que se instala de forma progressiva na conduta do indivíduo em função do seu modo de vida, e a utilização de montagens experimentais podem enriquecer uma aula por demais, trazendo como benefícios um significado para o aprendizado significativo. Esperamos que, a proposta aqui supracitada, possa atingir as expectativas e trazer bons resultados.

## REFERÊNCIAS

- PILLETI, Claudino. **Didática Geral**. 22ª Ed. São Paulo: ÁTICA, 1999
- BORDENAVE, Juan Díaz; PEREIRA, Adair Martins. **Estratégia de Ensino e Aprendizagem**. 3º Ed. Petrópolis: VOZES, 1980
- LIBÂNEO, José Carlos. **Didática**. São Paulo: Cortez. Coleção magistério 2º grau. Série formação do professor, 1994.
- PCN - **Parâmetros Curriculares Nacionais**: Ensino Médio. Brasília: Ministério da Educação, 1999.
- FAVARO, A. (ed.) Edizione Nazionale delle opere di Galileo. Firenze: S. A. G Barbére Editore, 1938, v. 19, p. 21-543
- GALILEI, G. **Dois novas ciências**. São Paulo: Nova Stella, 1988.
- CURADO, M. C. C. **Ação pedagógica em física no ensino médio**. 1999.. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Educação – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 1999. 135p.
- BARBOSA, J.O.; RINALDI, C. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 16, n. 105, 1999.
- NEGRINE, Ailton. **O lúdico no contexto da vida humana: da primeira infância à terceira idade**. In: Brinquedoteca: a criança, o adulto e o lúdico. 1ª Ed. Petrópolis – RS: Vozes, 2000.