

# ENSINO DE FÍSICA MODERNA: UM ESTUDO DE CASO COM ENSINO PÚBLICO E PRIVADO

## TEACHING OF MODERN PHYSICS: A CASE STUDY WITH PUBLIC AND PRIVATE EDUCATION

*André Flávio Gonçalves Silva*

*José Aauto Andrade Júnior*

*Francisco Augusto Silva Nobre*

*Departamento de Física/Núcleo de Pesquisa em Ensino de Física*

*Universidade Regional do Cariri – URCA*

### **Resumo**

*Sabemos que o Ensino de Física não está ocorrendo satisfatoriamente, pois na maioria das escolas se ensina apenas a Física Clássica. É como se ainda estivéssemos no século XIX, quando a Física Moderna ainda não estava desenvolvida. Outra questão, é que na maioria das vezes, a única intenção quando se ensina Física, é o de preparar os estudantes para realização de exames como: ENEM e vestibular. E quando ministrado o conteúdo de Física Moderna, este é tratado superficialmente, muitas vezes pela falta de preparação do professor, como também por esse assunto está apenas como um apêndice nos livros e apostilas. A disciplina de Física não deve estar voltada apenas para memorização de fórmulas algébricas para a realização de exames vestibulares, sendo necessário que os alunos compreendam o conceito que está por trás das fórmulas matemáticas, mesmo porque, com o ensino de física moderna o estudante pode compreender melhor as aplicações tecnológicas da Relatividade e da Quântica, e também o desenvolvimento da Energia Nuclear e suas implicações ambientais e políticas, por exemplo. Propomos nesse trabalho ministrar o conteúdo de Física Moderna no Ensino Médio para alunos do 3º ano de escolas de ensino público e privado da cidade de Juazeiro do Norte - CE. Analisamos o aprendizado de cada setor de ensino: público e privado. Nosso principal objetivo é verificar o desenvolvimento no aprendizado dos estudantes quando se ensina Física Moderna de forma adequada. Para isso, ministramos um curso de 40 horas/aula com turmas de 30 voluntários, onde buscamos trabalhar principalmente a parte conceitual relacionando a Física com o cotidiano. Além disso, foram relatados experimentos, vídeos e simulações computacionais. Com isso observamos que os alunos de ambas as modalidades de ensino (público e privado), evoluíram no aprendizado.*

**Palavras-chave:** *Ensino de Física Moderna. Aprendizagem. Ensino Público e Privado*

### **Abstract**

*We know that the teaching of physics is not going well, for in most schools is taught only classical physics. It is as if we were still in the XIX century, when Modern Physics was not yet developed. Another issue is that the only intention is to prepare students for exams such as: ENEM and college entrance exam. And when given the content of modern physics, it is treated superficially, often for lack of teacher preparation, but also because this issue is just like an appendix in the books and handouts. The discipline of physics should not be focused only for memorizing algebraic formulas for the conduct of entrance examinations, requiring that students understand the concept that is behind the mathematical formulas,*

*because, with the teaching of modern physics student can understand best technological applications of Relativity and the Quantum, and the development of nuclear energy and its environmental implications and policies, for example. We propose in this paper provide the contents of Modern Physics in high school for students in 3rd year school of public and private schools in the city of Juazeiro do Norte - CE. We analyze the learning of each education sector: public and private. Our main goal is to verify the development in student's learning when teaching Modern physics adequately. For this we conducted a course of 40 class/hours with groups of 30 volunteers, where we try to work primarily the conceptual part physics relating it to everyday life. Furthermore, experiments have been reported, videos and computer simulations. Thus we see that students in both types of education (public and private), evolved in learning.*

**Keywords:** *Teaching of Modern Physics. Learning. Public and Private Education*

## **Introdução**

Os jovens estão constantemente observando pela mídia ou mesmo em seu cotidiano, o desenvolvimento científico e tecnológico que vem ocorrendo de maneira muito rápida. A Física tem uma grande contribuição para este desenvolvimento, mas infelizmente essa ciência que é vivenciada na prática pelos estudantes não é tratada de maneira satisfatória dentro do ambiente escolar, como ressalta Oliveira, Vianna e Gerbassi (2007, p.447):

*“[...] é preocupante como o ensino de ciências, particularmente a Física no ensino médio, não tem acompanhado esse desenvolvimento e cada vez mais se distancia das necessidades dos alunos no que diz respeito ao estudo de conhecimentos científicos mais atuais.”*

Diante dessa realidade é que trazemos a seguinte reflexão: Será que a Física deve ser ensinada apenas para realização de exames, ou para o entendimento do mundo que nos cerca? Essa preocupação já é tratada nos próprios Parâmetros Curriculares Nacionais – PCN (2002, p.23) quando traz: “É preciso rediscutir qual Física ensinar para possibilitar uma melhor compreensão do mundo e uma formação para a cidadania mais adequada.”

É importante introduzirmos novas metodologias, e assim sair da mesmice que é o ensino de Física. Levar o conteúdo ensinado para o dia-a-dia do aluno, introduzir a Física Conceitual, o uso de mídias e a abordagem CTS (Ciência, Tecnologia e Sociedade), são possibilidades para alcançarmos uma aprendizagem significativa de nossos alunos, como exemplifica Andrade Júnior, Dantas e Nobre (2010, p.21), que avaliaram o ensino de Energia em uma escola pública da cidade de Juazeiro do Norte. Numa abordagem de Física Conceitual, podemos resgatar as primeiras tentativas de formulação da Física, pois dessa forma os alunos passam a entender que a ciência evolui, e que alguns cientistas tiveram as mesmas dificuldades encontradas pelos alunos em entender determinados conceitos (SILVA, SOUZA e NOBRE, 2009).

Muitos fenômenos que a Física Clássica não conseguia explicar, como por exemplo, o Efeito Fotoelétrico, foi compreendido com o desenvolvimento dos conceitos estabelecidos a partir do século XX, ou seja, com o surgimento da Física Moderna e Contemporânea. Isto vale também para muitos dos equipamentos, como os computadores, que só foi possível chegar à capacidade de hoje devido a Mecânica Quântica. Neste sentido as Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais do Ensino Médio (2002, p.70), fazem uma explanação sobre o verdadeiro motivo para se ensinar esse conteúdo:

*“Alguns aspectos da chamada Física Moderna serão indispensáveis para permitir aos jovens adquirir uma compreensão mais abrangente sobre como se*

*constitui a matéria, de forma que tenham contato com diferentes e novos materiais, cristais líquidos e lasers presentes nos utensílios tecnológicos, ou com o desenvolvimento da eletrônica, dos circuitos integrados e dos microprocessadores. A compreensão dos modelos para a constituição da matéria deve, ainda, incluir as interações no núcleo dos átomos e os modelos que a ciência hoje propõe para um mundo povoado de partículas. Mas será também indispensável ir mais além, aprendendo a identificar, lidar e reconhecer as radiações e seus diferentes usos. Ou seja, o estudo de matéria e radiação indica um tema capaz de organizar as competências relacionadas à compreensão do mundo material microscópico.”*

O objetivo deste trabalho é abordar a Física Moderna e Contemporânea de maneira conceitual com uso de mídias, para então verificarmos se houve uma aprendizagem significativa dos alunos, levando o ensino para uma abordagem que leve este conteúdo ao cotidiano dos alunos. Será estimulado também que os alunos exponham o conhecimento que já possuem, assim aplicaremos a Teoria da Aprendizagem Significativa de David Ausubel, como sendo o processo pelo qual uma nova informação ancora-se, apóia-se, em subsunções<sup>1</sup> relevantes já existentes na estrutura cognitiva de quem aprende.

## **Metodologia**

Este trabalho foi desenvolvido na cidade de Juazeiro do Norte - CE, Cariri cearense, uma região em que a grande maioria dos professores de Física não possui formação adequada para ensinar Física como evidência Silva, Nobre e Dantas (2009, p.9). Antes de começarmos a ministrar o curso para um grupo de estudantes, planejamos nossas aulas. Para isso utilizamos livro “Física Conceitual” de PAUL G. HEWITT, como livro-texto. Elaborando o plano de curso, observamos que para garantirmos que todos os alunos tivessem condições de acompanhar o curso de Física Moderna, deveríamos fazer uma revisão básica de Física Clássica, uma revisão conceitual, o que nem sempre acontece dentro do ambiente escolar, como evidenciam Ostermann e Moreira (2001, p.144) em um trabalho realizado com Física Moderna e Contemporânea, mostrando a necessidade de um conhecimento mínimo sobre a Física Clássica:

*“[...] De certa forma, os estagiários ensinaram a alunos que não possuíam todo o conhecimento prévio necessário para o entendimento do tema [Física Moderna Contemporânea]. Buscou-se sanar esse aspecto com a apresentação do que chamamos "revisão da Física Clássica" [...].”*

Assim, precisaríamos elaborar um curso o mais completo possível. Foi quando surgiu a necessidade de termos experimentos juntamente com aulas expositivas: desde quadro branco e pincel, até a utilização de data-show para a apresentação de simulações e vídeos.

Finalizamos a formatação do curso da seguinte maneira: o curso teria ao todo uma duração de 40 h/aula, sendo as 10 primeiras horas para a revisão de Física Clássica, e as outras 30 horas para a explanação sobre Física Moderna. Esse curso foi realizado com alunos de 3º Ano do Ensino Médio, dividido em duas turmas com cerca de 30 alunos cada, escolhidos aleatoriamente: uma com alunos do ensino público e outra do ensino privado, sendo o curso ministrado com o mesmo material e metodologia para ambas as turmas.

Com relação a dados para análise, procedemos da seguinte forma: uma avaliação diagnóstica que foi respondida antes de começarmos qualquer conteúdo (análise a *priori*). Nesta avaliação fizemos uma sondagem a respeito da Física Clássica e sobre a Física

---

<sup>1</sup> O *subsunção* é uma estrutura específica ao qual uma nova informação pode se integrar ao cérebro humano, que é altamente organizado e detentor de uma hierarquia conceitual que armazena experiências prévias do aprendiz.

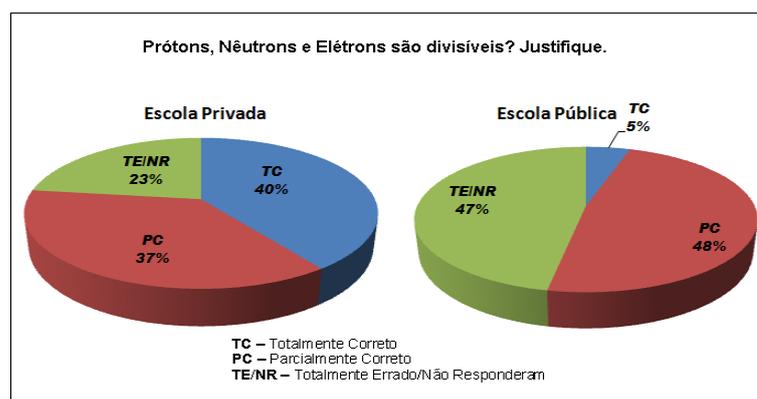
Moderna e Contemporânea; posteriormente, quando finalizamos o assunto de revisão e antes de começarmos a abordar o conteúdo de Física Moderna, foi realizada uma sondagem para termos segurança sobre os avanços nos conhecimentos de Física Clássica, e assim, no final do curso de Física Moderna ocorreu uma análise *a posteriori*, com relação somente a este conteúdo.

Com a intenção de termos um curso de Física Moderna que todos pudessem acompanhar, começamos a ministrar o curso a partir de uma revisão de assuntos e conceitos da Física Clássica. Nessa etapa abordamos os seguintes assuntos: Primeira Lei de Newton do Movimento – Inércia; Movimento Retilíneo; Segunda Lei e Newton do Movimento; Terceira Lei de Newton do Movimento; Momentum; Trabalho e Energia.

### **Análise a *Priori* dos conceitos de Física Moderna**

Antes de começarmos o curso, aplicamos uma avaliação contendo nove (09) questões a respeito da Física Moderna e Contemporânea, sendo cinco (05) questões discursivas e as outras quatro objetivas. Fizemos também uma breve sondagem sobre a disposição destes alunos em continuar estudando depois de finalizar o Ensino Médio. Constatamos, que todos os alunos da escola privada iriam se submeter a exames de vestibular em várias universidades, em contraste com os de escola pública, que apenas alguns pretendiam realizar tais exames. Mostrando desde o início que a escola pública, por uma série de questões, não consegue motivar o estudante sob nenhum aspecto das possibilidades do estudar.

Em nossos gráficos a seguir, entendemos como parcialmente correto a resposta em que o aluno acerta a pergunta objetivamente, mas não consegue justificar coerentemente. Partindo para a análise de algumas questões: quando perguntamos se os prótons, nêutrons e elétrons são divisíveis, podemos observar através da Figura 1, que os alunos do ensino privado tiveram um desempenho superior, pois de acordo com o relato dos mesmos, já haviam tido algum contato com o conteúdo, ou porque estudavam por conta própria ou através de algumas poucas aulas que tratavam do assunto. Estes chegaram a uma quantidade de 40% de acerto.

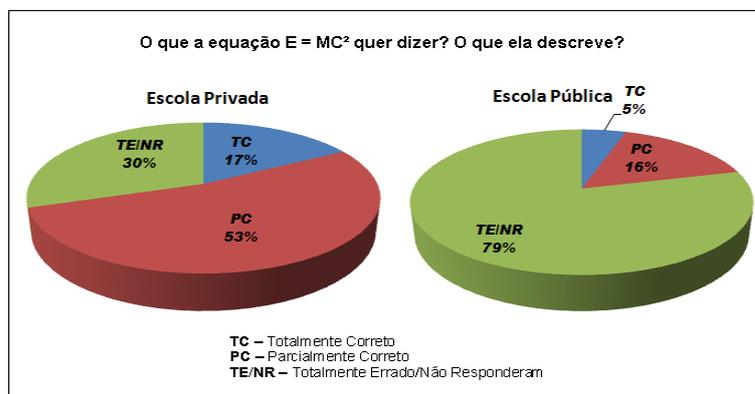


**Figura 1 - Análise a *Priori* sobre sub-partículas**

Já com os alunos do ensino público, verificamos através da avaliação diagnóstica que estes não tinham conhecimento sobre o assunto, inclusive alguns justificaram a resposta com base no pensamento de Dalton, e posteriormente relataram que no ambiente escolar não havia sido tratado o assunto ainda, nem mesmo mencionado. Aqui o percentual de acerto foi de apenas 5%.

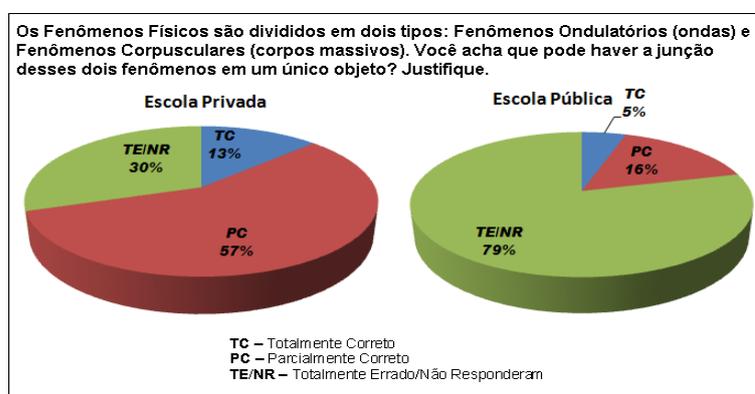
Com relação à equação de Einstein, famosa por estar sempre presente nas ilustrações que contem o ilustre cientista e por sempre ser comentada em diversas situações, mesmo os alunos de escola privada que já tinham conhecimento sobre cada elemento da equação, não

souberam responder coerentemente o que esta equação descreve, chegando a um percentual de apenas 17% de acerto. Já os alunos da escola pública, muitos não sabiam nem quais elementos compunham a equação, quanto mais interpretá-la, como podemos observar através da Figura 2, em que 79% destes alunos não souberam responder a questão



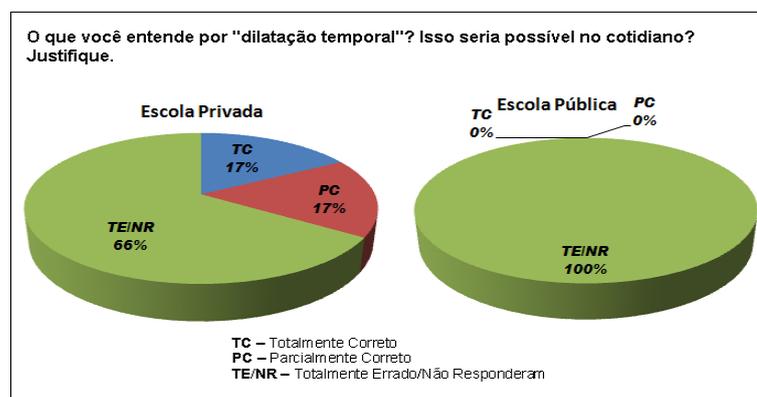
**Figura 2 - Análise a Priori sobre a Equação de Einstein**

Outra questão foi a respeito do comportamento dualístico, comportamento corpuscular e ondulatório: Perguntamos se era possível encontrar esses dois fenômenos distintos em algo na natureza. Notamos que a maioria dos alunos do ensino público não respondeu ou errou, e uma pequena parcela (5%), respondeu coerentemente. Com os alunos do ensino privado foi um pouquinho diferente, pois os que responderam coerentemente também foi uma parcela pequena (13%). O que diferenciou foi o fato de terem algum entendimento que essa dualidade poderia ocorrer, mas não conseguiram justificar corretamente. Veja Figura 3 abaixo.



**Figura 3 – Comportamento Dualístico**

A quarta questão a ser analisada é com relação à dilatação temporal, em que consiste na idéia do tempo não ser absoluto, ao contrário do que a senso comum acredita. Muitos alunos confundiram com dilatação dos sólidos e alterações climáticas. Analisando os gráficos da Figura 4, podemos notar que grande parcela não compreendia esse fenômeno, principalmente os alunos da escola pública que tiveram 100% de erro, em que praticamente metade não respondeu e a outra metade confundiu com dilatação dos corpos. Já no ensino privado 17% dos alunos acertaram a resposta, e essa mesma porcentagem de alunos, sabiam que o tempo não era absoluto, mas não conseguiam justificar coerentemente. A grande maioria (66%) não respondeu ou cometeram o mesmo erro do ensino público.



**Figura 4 - Dilatação Temporal**

Estas serão as questões analisadas aqui, e a partir destas, faremos o desenvolvimento de nosso trabalho, sem esquecermos o contexto em obtivemos estes resultados.

### **Desenvolvimento do Curso**

Os dados da análise *a priori*, foram utilizados para que pudéssemos desenvolver um curso que suprisse as carências de conteúdo dos alunos e onde estivesse o mais próximo possível da realidade destes. Para isso, durante todo o curso os alunos tinham espaço para expor idéias e dúvidas, pois o curso não era apenas informativo e sim formativo, no sentido de fazer com que os alunos realmente compreendessem o conteúdo, principalmente a parte conceitual.

O conteúdo de Física Moderna foi ministrado seguindo o seguinte roteiro: O Átomo e o Quantum; O Núcleo Atômico e a Radioatividade; Fissão e Fusão Nucleares; A Teoria Especial da Relatividade; Teoria Geral da Relatividade. Todo o conteúdo continha também explicações sobre a História e Filosofia da Ciência, com a intenção de mostrar aos alunos que o conhecimento científico passa por transformações e não está acabada. Para implementação do curso, além da utilização do quadro branco, foi utilizado experimentos simples, vídeos e simulações (foi utilizado o *software PhET Simulations*) com auxílio de notebook e data-show.

Com o *PhET Simulations*, utilizamos as seguintes simulações: Modelos do Átomo de Hidrogênio, Fissão Nuclear, Efeito Fotoelétrico e Espectro da Radiação do Corpo Negro. A vantagem de utilizar as simulações é de poder deixar os alunos manipulá-lo sem grandes problemas, além da possibilidade do aluno também poder levá-lo para casa para fazer as suas próprias observações. Vejamos a observação que Sales *et al.* (2008, p. 2-3) faz sobre a utilização de recursos computacionais:

*“[...] Já uma versão computacional e dinâmica, na medida em que o modelo pode ser realimentado ou reiniciado. Os resultados dessa dinamicidade auxiliam a refletir e pensar uma nova compreensão da realidade, além de permitir a realização de cálculos que vislumbram uma melhor evolução temporal da situação estudada.”*

Um dos experimentos utilizados foi o do comportamento dualístico da luz, ora se comporta como partícula, ora se comporta como onda. Para realização desse experimento utilizamos materiais simples para que os próprios alunos pudessem reproduzir em casa. Mostramos na prática que normalmente o laser se comporta como um ponto, ou seja, como uma partícula, mas quando incidido através da fenda, o mesmo laser tem um comportamento ondulatório. O objetivo desse experimento foi deixar o conhecimento acessível ao aluno e mostrar que ele também pode realizá-lo facilmente. Notamos que os alunos ficaram muito

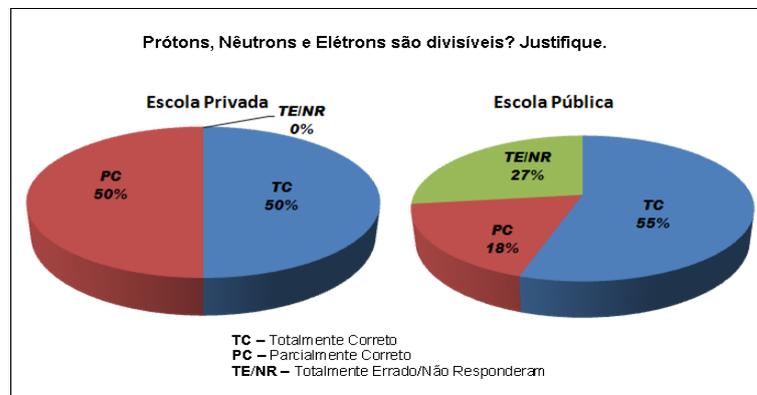
empolgados, e fizeram vários questionamentos a respeito do experimento. Sobre a utilização de experimentos, Araújo e Abib (2003, p.176) fazem a seguinte explanação do assunto:

“[...] o uso de atividades experimentais como estratégia de ensino de Física tem sido apontado por professores e alunos como uma das maneiras mais frutíferas de se minimizar as dificuldades de se aprender e de se ensinar Física de modo significativo e consistente.”

### **Análise a Posteriori**

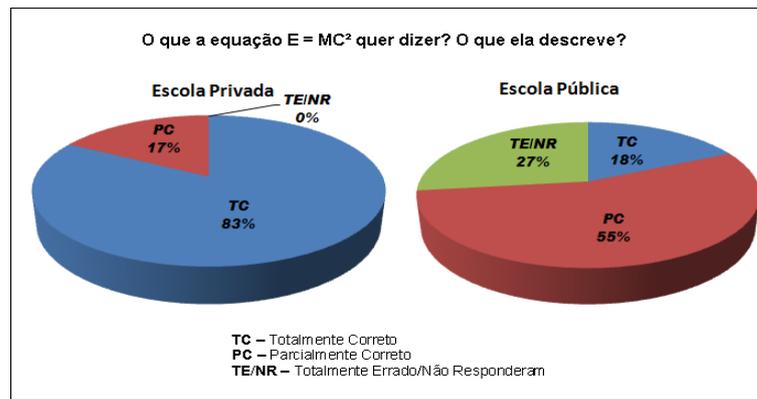
Quando encerrado todo o conteúdo do curso, foi novamente aplicada outra avaliação diagnóstica, para que pudéssemos verificar quantitativamente a aprendizagem dos alunos, bem como analisar as possíveis dúvidas/dificuldades que os mesmos ainda possuíam. Com a análise das respostas da avaliação e com as discussões ocorridas em sala de aula, concluímos que o curso foi satisfatório, pois conseguimos melhorar os conhecimentos dos alunos sobre a Física Moderna, com respostas e debates que continham um embasamento científico mais elaborado.

De acordo com os resultados das questões anteriormente analisadas, podemos verificar através das figuras a seguir, que grande parte dos alunos conseguiu compreender e acompanhar o curso, mostrando que houve evolução no aprendizado para os alunos de ambos os colégios, público e privado. Na primeira questão analisada, depois de ministrado o curso, foi verificado que os alunos de ambas as escolas (privada e pública), tiveram um desempenho satisfatório, demonstrando evolução (Figura 5). Chegamos ao percentual de 55% de acertos na escola pública, quando voltamos à pergunta sobre a divisibilidade dos Prótons, Nêutrons e Elétrons. Resultado até superior ao da escola privada.



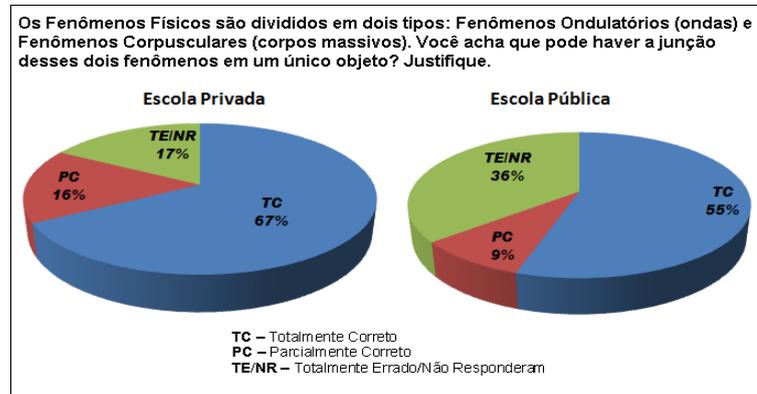
**Figura 5 - Análise a Posteriori sobre sub-partículas**

Já a segunda questão analisada (Figura 6), os alunos da escola privada tiveram um desempenho melhor em relação aos alunos da escola pública, mas o mais importante aqui é destacar a evolução do aprendizado dos alunos do ensino público, pois na análise *a priori* muitos não sabiam nem quais elementos compunham a “equação de Einstein”. Mesmo que eles não tenham conseguido compreender totalmente a equação ao término do curso, agora já conseguem identificar os elementos da equação.



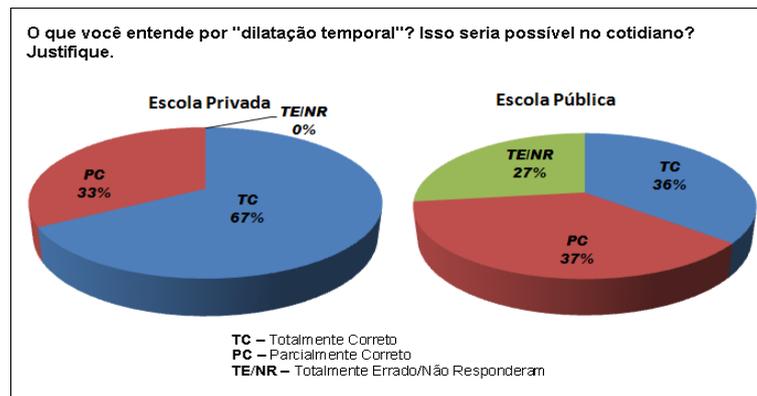
**Figura 6** - Análise a *Posteriori* sobre a equação de Einstein

Na questão sobre o comportamento dualístico onda-partícula, podemos notar que houve uma evolução significativa na aprendizagem sobre esse conteúdo com ambas as modalidades de ensino (Figura 7). Acreditamos que o fato de termos utilizado um experimento para exemplificar a questão da dualidade, ajudou bastante no entendimento do conteúdo. Com relação aos alunos do ensino público, tivemos um acréscimo de cinquenta pontos percentuais dos que responderam coerentemente à questão.



**Figura 7** - *Comportamento Dualístico*

Quanto ao entendimento sobre a dilatação temporal, percebemos que os alunos ficaram um pouco confusos e resistentes em compreender o assunto, haja vista, que existe uma concepção bastante enraizada de que o tempo é absoluto, como foi relatado por um aluno durante o curso: “quando olhamos o relógio e nos deslocamos para diversos lugares e com os mais variados veículos, constatamos que este [relógio] não andar\u00e1 mais r\u00e1pido ou mais lento, o tempo nos parece absoluto”. Mas mesmo com a resist\u00eancia em compreender a id\u00e9ia da dilata\u00e7\u00e3o do tempo, constatamos uma grande evolu\u00e7\u00e3o, principalmente por parte dos alunos de escola p\u00fablica que chegaram sem entendimento algum sobre o assunto, e agora chegam a um percentual de 36% de acertos. Como podemos constatar na Figura 8.



**Figura 8 - Dilatação Temporal**

## Conclusões

Constatamos que, mesmo os alunos do ensino privado inicialmente tendo uma base conceitual melhor do que os alunos do ensino público, no final do trabalho as duas modalidades de ensino tiveram desempenho próximo, como pode ser verificado comparando os gráficos.

Na questão sobre a relatividade do tempo, notamos claramente que os alunos do ensino público chegaram extremamente confusos, tanto que boa parte dos alunos não respondeu a questão. Após o curso tivemos um aumento significativo da quantidade de alunos que responderam coerentemente a questão, além de uma diminuição na escola pública da quantidade de alunos que deixaram de responder, e dos que responderam, pelo menos acertaram parcialmente a questão, não havendo nenhum aluno respondendo totalmente errado. No ensino privado, grande parte dos alunos também chegou com dificuldade em entender o assunto, diferenciando da escola pública o fato de poucos já terem conseguido responder a questão de forma coerente e após o curso, notamos que todos os alunos conseguiram responder a questão no mínimo parcialmente correta, não tendo nenhum aluno deixado de responder ou respondendo de forma totalmente errada.

A evolução dos alunos fica clara quando observamos o conteúdo das respostas antes e depois. Temos um exemplo de resposta antes do curso com relação à questão de prótons, elétrons e nêutrons serem divisíveis: *“Não, pois os átomos são as menores partículas da matéria, conseqüentemente, indivisíveis”*. Agora vejamos a resposta após o curso: *“Sim, eles se dividem em quarks com cargas diferentes.”*

Vejamos agora uma das respostas quando foi questionado o que quer dizer a equação  $E = MC^2$  e o que ela descreve antes do curso: *“Pra dizer a verdade já vi, porém não busquei, mas deve ser algo relacionado com a energia, o resto acho melhor não arriscar.”* Após o curso tivemos a seguinte resposta a respeito da mesma questão: *“Quer dizer que o cálculo da energia que um corpo pode liberar é igual à sua massa multiplicado pela velocidade da luz ao quadrado, ou seja, mesmo um grão de areia liberaria muita energia.”*

Observamos nessa experiência, que é possível inserir a Física Moderna e Contemporânea para os alunos do Ensino Médio, principalmente quando utilizado experimentos, vídeos e simulações; que tanto os alunos da rede pública quanto da rede privada de ensino conseguem acompanhar o curso e entenderem toda a parte conceitual além de fazerem correspondência com o cotidiano.

## **Agradecimentos**

Agradecemos ao *Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico – CNPQ*, à *Fundação Cearense de Apoio ao Desenvolvimento Científico e Tecnológico – FUNCAP* e à *Universidade Regional do Cariri - URCA*, pelo suporte financeiro; e as escolas de Juazeiro do Norte – CE que cooperaram para montagem das turmas e realização da pesquisa.

## **Referências Bibliográficas**

- AUSUBEL, D.P. **Aquisição e Retenção de Conhecimentos: Uma Perspectiva Cognitiva**. Lisboa: Plátano Edições Técnicas. Tradução: Lígia Teopisto. 1ª ed.
- ANDRADE JUNIOR, J.A.; DANTAS, C.R.S.; NOBRE, F.A.S. O Estudo de Energia: Uma Experiência de Ensino na Perspectiva CTS e o Uso de Mídias. **Experiências em Ensino de Ciências**, V5(1), p. 21-29, 2010
- ARAÚJO, M.S.T.; ABIB, M.L.V.S. Atividades Experimentais no Ensino de Física: Diferentes Enfoques, Diferentes Finalidades. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, vol. 25, no. 2, Junho, 2003.
- BRASIL, Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. Parâmetros Curriculares Nacionais: **PCN Ensino Médio**. Brasília: Ministério da Educação; Semtec, 2002.
- BRASIL, Ministério da Educação; Secretaria de Educação Média e Tecnológica. **PCN+**: Orientações Educacionais Complementares aos Parâmetros Curriculares Nacionais, Ciências da Natureza, Matemática e suas Tecnologias. Brasília: Ministério da Educação; Semtec, 2002.
- HEWITT, Paul G. **Física Conceitual**. Porto Alegre; Bookman, 2002, v. 9. Trad. Trieste Freire Ricci e Maria Helena Granina.
- OSTERMANN, F.; MOREIRA, M.A. Atualização do Currículo de Física na Escola de Nível Médio: Um Estudo dessa Problemática na Perspectiva de uma Experiência em Sala de Aula e da Formação Inicial de Professores. **Caderno Catarinense de Ensino de Física**, v. 18, n. 2: p. 135-151, ago. 2001
- OLIVEIRA, F.F.; VIANNA, D.M.; GERBASSI, R.S. Física Moderna no Ensino Médio: O que Dizem os Professores. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 29, n. 3, p. 447-454, 2007
- MOREIRA, M.A.; MANSINI, E.F.S. **Aprendizagem Significativa: A Teoria de David Ausubel**. São Paulo: Moraes, 1982.
- SALES, G.L.; VASCONCELOS, F.H.L. CASTRO FILHO, J.A.C.; PEQUENO, M.C. Atividades de Modelagem Exploratória Aplicada ao Ensino de Física Moderna com a Utilização do Objeto de Aprendizagem Pato Quântico. **Revista Brasileira de Ensino de Física**, v. 30, n. 3, 2008
- SILVA, A.F.G; SOUZA, A.I.E.; NOBRE, F.A.S. Física Aristotélica como Motivador para o Ensino de Física. **Cadernos de Cultura e Ciência (URCA)**, v.3, p.1-8, 2009.
- SILVA, D.G.; NOBRE, F.A.S.; DANTAS, C.R.S. Formação dos Professores e Laboratórios Didáticos de Física na Região do Cariri-Ceará. **Cadernos de Cultura e Ciência (URCA)**, v. 3, p. 9-18, 2009.