

# **RELATIVIDADE RESTRITA DE EINSTEIN: FUNDAMENTOS FILOSÓFICOS**

**Ramiro Délio Borges de Meneses\***

## **RESUMO**

*O centro da Relatividade Restrita encontra-se no espaço-tempo. A Relatividade vai da invariância à conexão do espaço e do tempo, que são relativos. Em sentido epistemológico, surge a relatividade como correlação métrica sobre as leis da física.*

**Palavras-Chave:** *Espaço, Tempo e Relatividade Restrita.*

## **ABSTRACT**

*On this article, I explain the epistemological conditions of the special theory of relativity. There is a study of the space and time, according to the implications to the law's invariance about the phenomenology of observation.*

**Key-Words:** *Space, Time, and Special Relativity.*

---

\* Professor

## INTRODUÇÃO

A Relatividade Restrita impôs novo sentido à fenomenologia do espaço e do tempo. Assim, este sentido está inerente aos aspectos gnoseológico e ontológico da mesma.

Um dos aspectos da nova interpretação métrica de Einstein reside na generalização do princípio da relatividade clássica, que possibilitou a solução das dissimetrias electromagnéticas por meio das mudanças de coordenadas, onde os campos electrodinâmicos referem a mesma forma.

A Relatividade Restrita ficará conhecida como uma leitura física sobre a invariância das leis da física, dada pela conexão espaço-temporal. O novo esquematismo, definido por Einstein, determinou uma forma de interpretar as leis da física. Do absolutismo das leis da física de Aristóteles, Galileu e de Newton surgiu o advento de uma nova física, mais adequada à leitura dos observadores pelo enquadramento relativístico do espaço e do tempo. A partir daqui, decretou-se a “covariância da natureza” em duas categorias fundamentais da métrica, isto é, o espaço e o tempo. Porém, a Relatividade Restrita permitiu nova expressão epistemológica para o acontecimento físico.

O princípio da relatividade clássica do movimento possui valor fenoménico (aproximativo) para as leis da mecânica, não acontecendo o mesmo com o princípio da relatividade restrita. Este novo princípio traduz, de forma precisa e universal, o sentido da invariância dos fenómenos no espaço-tempo. O comportamento dos fenómenos manifesta-se em enunciados sob a “covariância” e como limite máximo para todas as velocidades.

O princípio da relatividade clássica é particular e limitado à Mecânica Clássica. Todavia, a teoria da Relatividade Restrita é uma axiomatização sobre a forma como as leis da física se devem escrever.

## 1 - COVARIÂNCIA: VALOR E LIMITES

Uma lei da física, que não mude sob uma transformação de coordenadas, será a mesma relativamente a todos os referenciais pela transformação definida.

As leis da física mantêm a estrutura físico-matemática ou, ainda, o grau de invariabilidade em diferentes sistemas inerciais pelos enunciados da transformação de coordenadas de Lorentz.

As equações de Lorentz são juízos modais, que introduzem novos operadores nas leis da física tais como: necessidade, universalidade, contingência, etc.

As transformações de coordenadas são um complexo de enunciados, sintéticos e progressivos, *a posteriori*.

Assim, as leis da física justificam esta qualidade devido a serem definidas por observadores equivalentes.<sup>1</sup>

A invariância é uma propriedade de propriedades, sendo a covariância uma qualidade da regularidade das leis. A covariância refere-se às leis fundamentais e não às consequências lógicas. Com efeito, as equações de Maxwell são covariantes, mas a solução das mesmas depende do referencial.

Os princípios da covariância não se referem a propriedades ou à formulação matemática, são antes enunciados que definem a causalidade formal para as leis da

<sup>1</sup> Cf. Borges Meneses, R. D., “Leis da Física: ciência, filosofia e teologia” in *Humanística e Teologia*, 7, Porto, 1986, 327-39.

física condicionadas a graus de transformação e a sistemas de inércia.

A invariância é condição lógica, enquanto que a covariância é ontológica. Mas a invariância será a forma e a propriedade dos enunciados físicos, caracterizando a sua universalidade. Porém, uma quantidade invariante é aquela que tem o mesmo valor para todos os sistemas inerciais. A covariância apresenta-se como propriedade da regularidade das leis da física.

A covariância surge como propriedade ontológica das leis, enquanto que a invariância é uma “propriedade métrica”.

Todavia, a covariância pode não implicar a invariância, porque se basta a si mesma. O invariante absoluto implica a “covariância” para se coadunar com os sistemas inerciais.

A invariância é uma forma de conhecimento que determina a constância para as leis da física; enquanto que a “covariância” refere o conteúdo ontológico da relatividade.

Segundo a fundamentação lógica, a covariância não é um teorema, nem definição, mas antes axioma para a relativização das leis da física, uma vez que se trata de uma propriedade da regularidade dos fenómenos.

A covariância define uma estrutura matemática uniforme e universal para os comportamentos dos sistemas de inércia, denotando o conteúdo formal das leis da física.<sup>2</sup>

Estas leis, segundo a Relatividade Restrita, mantêm-se, na sua estrutura, não se modificando de momento a momento, sendo esta característica definida pela covariância.

<sup>2</sup> Cf. *Ibidem*, 317-329.

Na verdade, a covariância é uma qualidade métrica secundária, porque existe formalmente no pensamento do físico e causalmente na ordem real.

Não é menos significativo notar que a covariância se fundamenta na categoria da relação.

Esta propriedade estabelece categorialmente as relações das leis da física, em sistemas inerciais, permitindo que a lei vigore na sua estrutura físico-matemática.

A covariância está representada nos dois axiomas da Relatividade Restrita, enquanto que a invariância se representa no “invariante absoluto”.

A invariância determina a possibilidade das leis da física se tornarem juízos qualitativos, permitindo a universalidade e necessidade das leis. Ontologicamente, a covariância é uma *conditio sine qua non* e não causa das leis.

Logo, a covariância define a formalidade das leis, enquanto que a invariância determina a materialidade das mesmas.

## 2 - SIMULTANEIDADE: A RELAÇÃO DO ACONTECIMENTO

Quando dois fenómenos se apresentam simultaneamente para  $S'$  (sistema de coordenadas em movimento), podendo não ser para  $S$  (observador em repouso), implicarão, em alguns casos, alterações à sua ordem. O fenómeno da simultaneidade, no aspecto filosófico, apresenta-se como “relação de relações”.

Se, porém, as relações métricas são variáveis, então a simultaneidade, enquanto relação, determina um elemento objectivo (*quoad se*) como sujeito do sistema inercial.

Como a simultaneidade é uma definição métrica para os acontecimentos, segue-se então que os seus termos são reais.

Gnoseologicamente, a simultaneidade é relação de relações inerciais (sistema em repouso ou em movimento).

Na ordem objectiva, esta estará no relacionamento espaço-temporal definida pela métrica dos relógios.<sup>3</sup>

A simultaneidade, formalmente definida, segundo as equações que traduzem o comportamento real dos sistemas de referência, traduz-se num juízo de relação interfenoménico.

A simultaneidade é uma relação métrica, em cinemática, de  $n$ -acontecimentos operados em sistemas de inércia e não uma propriedade ou qualidade inercial.

## 2.1 – *Quoad se*

Poderia acontecer que, num dado *hic-nunc*, duas sinalizações luminosas se encontrassem num ponto, passando simultaneamente uma em frente à outra (com um relógio de precisão no observador para registar instantaneamente a passagem) e verificando-se um sincronismo perfeito.

Na ordem real, poderá registar-se uma diferença, ainda que infinitésima e justificativa da não simultaneidade dos acontecimentos  $A'$  e  $B'$  em  $S'$  (em movimento), isto

<sup>3</sup> Cf. Hansen, R. O., "Multiple Moments of Stationary Space-Time" in: *Journal of Mathematical Physics*, 15 New York, 1976, 1-6.

porque, experimentalmente, os relógios de grande sensibilidade poderão registar tal discrepância.

## 2.2 – *Quoad nos*

A simultaneidade, em  $S'$ , não seria perceptível, porque a expressão das relações, no aspecto visual de sincronização, não é instantânea.

Poderá a percepção visual ser concomitante, mas haverá, na sua formação psicológica e na transmissão para os centros corticais do cérebro, uma diferença infinitesimal nos pontos-instantes.

O próprio processo de percepção na formação do fenómeno simultâneo, em relação a nós, implicaria uma determinação da não simultaneidade.

Uma diferença mínima é suficiente para que dois acontecimentos  $A'$  e  $B'$  não se encontrem ao mesmo tempo em  $C$ . A simultaneidade poderá surgir como relação perceptível dos relógios ou da métrica.

No domínio ontológico, a relatividade da simultaneidade não derroga o princípio da causalidade pelas relações de dois fenómenos A (causa) e B (efeito). O fenómeno B será ulterior a A para todos os observadores. O princípio da causalidade continua a fundamentar a simultaneidade, porque este é da ordem do *esse* para este fenómeno relacional. Logo, a simultaneidade pertence à ordem fenomenológica.

Com efeito, a "simultaneidade" é um dado métrico da fenomenologia inercial, visto que o princípio da causalidade física admite que nenhum sinal, ligando dois acontecimentos, se propague com velocidade superior à da luz.

A condição ontológica da simultaneidade dos fenómenos reside nos referenciais, movendo-se com velocidade inferior à da luz pelo princípio da isotropia.

### 3 – CONEXÃO ESPAÇO-TEMPO: ASPECTO FILOSÓFICO

**3.1** – Só Einstein fora capaz de extrair todas as consequências da invariância. Longe de constituírem entidades independentes, como apresentava a Mecânica de Galileu e de Newton, o espaço e o tempo encontrar-se-ão intimamente ligados, porque a teoria da Relatividade se refere como teoria do espaço-tempo.

Contudo, o certo é que esta nova simetria é do mesmo grau que a das rotações, não actuando sobre o espaço e o tempo. Se acrescentarmos, às três dimensões do espaço, uma quarta para formar um novo espaço-tempo, a simetria de Lorentz-Poincaré será uma espécie de rotação no espaço-tempo. Para se criar uma rotação no espaço-tempo, projectar-se-ão as dimensões espaciais no tempo e vice-versa. As rotações de Lorentz-Poincaré ultrapassam a matemática, podendo verificar-se em virtude do movimento.

A chave para a compreensão das estranhas projecções ou distorções do espaço-tempo está na velocidade da luz e no campo electromagnético de Maxwell.

**3.2** – O contínuo quadridimensional é o “invariante absoluto”, sendo a única entidade absoluta criada por Einstein. Assim, será o espaço-tempo um absoluto métrico, enquanto que a métrica de Newton impõe dois absolutos: o espaço e o tempo.

A conexão espaço-tempo ( $ds^2$ ), como elemento fenomenológico, salienta que a realidade física se medirá neste absoluto. O novo invariante da Relatividade Restrita é uma “constante”. Isto significa que possui sempre o mesmo valor para a fenomenologia métrica, sendo a única forma métrica de representar o acontecimento. Os acontecimentos são espaço-temporais e, dentro desta condicionante, mantêm-se “constantes”. A conexão espaço-tempo, quanto à gnoseologia, é uma expressão métrica e conceptual do acontecimento. Quando se diz “acontece”, significa que se verifica no “espaço-tempo”.

Esta entidade sintética e métrica define-se num juízo progressivo *a posteriori*, porque fundamentado nas medida e na extensão real dos corpos, implicando uma distinção formal e não determinando a separação espaço-temporal.

A dualidade do “contínuo quadridimensional” perde a sua autonomia como invariante, dado que a lógica das métricas o exige. Daqui surgirá uma nova maneira de medir os acontecimentos.

A fusão da coordenada temporal no contínuo quadridimensional tem valor formal e não se deve entender como identificação pura e simples desta coordenada com as três espaciais.

Ontologicamente, a identificação entre as várias coordenadas, incluindo a temporal, significaria negar a realidade do *fieri* e a distinção fundamental entre a extensão e o movimento. A distinção entre o espaço e o tempo é um dado imediato da consciência e da intuição intelectual.

**3.3** – A conexão espaço-tempo é uma entidade de razão, mas com fundamento real. Tal asserção justifica-se porque se trata de uma relação abstracta entre dois conceitos

transcendentais e universais (porque todos os acontecimentos participam desta dualidade distinta, mas inseparável).

Nenhuma acção física se pode dar só na pura extensão a três dimensões ou seguir a trajectória espacial do ente móvel, sem estar conexa e implicada no tempo.

Mas, igualmente, não podem transmitir-se com velocidade infinita ou instantânea, como queria a física clássica, determinando uma “dicotomia” entre o espaço e o tempo. Todos os acontecimentos na natureza são espacio-temporais.

Os conceitos de espaço e de tempo fundamentam-se na intuição ou na imagem dos corpos extensos e móveis, como entidades singulares. Porém, a distinção na correlação é formalmente lógica e fundamentalmente real.

O espaço-tempo, na sua conexão, predicamentalmente determina uma fundamentação na categoria da “relação”.

Trata-se, pois, de um *esse ad aliquid* fenoménico, ou seja, a conexão expressa uma relação entre duas variáveis quantitativas: a coordenada fluente ou imaginária:  $T \leftrightarrow i\beta$  (tempo) e a variável real ( $E \leftrightarrow \alpha$ ) espaço pelo tal como se expressa no variante absoluto.

A conexão espaço-tempo ou o “invariante absoluto” traduz-se numa correspondência com os números complexos. A correspondência é fundamental porque permite não só exprimir a natureza da conexão, como também determinar a essência de cada parâmetro.

A conexão espaço-tempo é uma qualidade primária, porque existe na ordem real como durar intrínseco dos fenómenos.

Esta refere-se como propriedade fundamental do acontecimento, que tem *per se* a exigência ontológica do durar. Todavia, ontologicamente, as equações físicas do movimento rectilíneo e uniforme determinam relações com o invariante e fundamentam-se realmente nos corpos extensos e móveis. A natureza e o valor da conexão espaço-tempo surgem como forma de perfeição accidental.

A forma é o acto de perfeição espacio-temporal, como conjunto abstracto e complexo de “pontos-instantes”, em potência, que revela um “existir accidental”. O limite é a potência ou operação do intelecto que finitiza a forma de perfeição.

Assim, o espaço – tempo, como esquema abstracto, apresenta-se como ente de razão, mas com fundamento real.

O ser de razão é o que existe formalmente no intelecto, mas fundamentando-se na ordem real. A conexão espacio-temporal existe no intelecto.

Contudo, a conexão é uma relação abstracta, constituída por dois termos, que são conceitos transcendentais e universais, porque o espaço e o tempo são variáveis. Também, a conexão sê-lo-á, porque forma de perfeição como existir do E – T e limite potencial do acontecimento.

**3.4** – O fundamento real é cada “ponto-instante” dos acontecimentos que se revela no “ $ds^2$ ”, uma vez que este se caracteriza por variáveis ( $x, y, z, ict$ ) que representam leis gerais dos fenómenos físicos.

Não obstante, os acontecimentos da ordem real são espácio-temporais, enquanto conexos. Nenhuma acção física se opera somente no espaço puro a três dimensões ou se transmite com velocidade infinita. Assim se fundamentam

os conceitos abstractos do espaço-tempo, enquanto conexos, ou seja, como contínuos a 4-dimensões.

Mas, predicamentalmente, a categoria da conexão E-T é a “relação”, que é transcendental, uma vez que se opera entre termos correlativos.

A forma geométrica do contínuo E-T, a 4-dimensões, funda-se em dois grupos de leis do movimento e do campo, que diferem de forma total e realmente do Universo, onde acontecem os movimentos e os fenómenos. Aqui trata-se do espaço de forma riemanniana, visto que as equações da gravitação exigem um espaço-tempo curvo.

Mas, a hipótese do espaço e do tempo euclidianos conduz a antinomias insolúveis, como o infinito actual. As estruturas euclidianas diferem da forma geométrica do próprio Universo, sendo infinito e ilimitado, porque “curvo” e fechado sobre si mesmo. Infere-se como limite de um  $E_4$  (hiper-espaço a 4-dimensões), ou seja, um  $E_3$  curvo onde existimos como entes tri-dimensionais.

Com efeito, não podemos imaginar a 4ª dimensão, que ficaria para dentro e para fora do nosso Mundo, como limite curvo a 3-dimensões segundo uma hiper-esfera a 4-dimensões.

A Relatividade, quer restrita quer generalizada, confirma a tese de que os conceitos do espaço e do tempo se determinam pela experiência e se desenvolvem pelo progresso da física, obrigando a substituir a forma intuitiva e absoluta por uma nova entidade, onde espaço e tempo são “relativos” pelo cronótopo de Minkowsky.

Poderíamos, realmente, chamar à Relatividade uma “teoria do absoluto físico”. Trata-se, pois, de uma teoria matemática, que se descreve num contexto espacio-

temporal, sistematizando-se em dois postulados fundamentais.

As fórmulas da Relatividade não são puro formalismo, mas antes permitem determinar a essência de propriedades e categorias do mundo físico, interpretando adequadamente os fenómenos cinemáticos.

A Relatividade restrita de Einstein confirma, pelo método científico, a rejeição de um espaço e de um tempo absolutos.

O espaço e o tempo não são realidades absolutas em si subsistentes e independentes dos corpos reais e seus movimentos.

**3.5 – O acontecimento é contínuo pelo conceito de limite à Cantor (conexão convergente dos P-I) ou pelo conceito de corte à Dedekind.<sup>4</sup>**

O acontecimento cinemático, enquanto contínuo, é complexo porque formado por dois graus, o espacial ( $E \leftrightarrow \alpha$ ) e o temporal ou contínuo fluente ( $T \leftrightarrow \beta i$ ).

Pelo conceito de limite à Cantor, partiremos de uma sucessão contingente de Cauchy. O termo geral  $(P-I)_n$ , duma série convergente, tende para zero sempre que n cresce indefinidamente.<sup>5</sup>

De acordo com este critério de convergência, poderemos estabelecer uma soma de sucessões:

$$(P-I)_0 + (P-I)_1 + (P-I)_2 + \dots + (P-I)_n + (P-I)_{n+1}$$

<sup>4</sup> Caraça, B. J., *Lições de Álgebra e Análise*, Volume I, 4ª edição, Tipografia Matemática, Lisboa, 1950, 83-84.

<sup>5</sup> Cf. *Ibidem*, 315.

Sendo  $(P-I)$ , número real imaginário da correspondência de dois termos, gera-se uma nova síntese  $(P-I)_n$ , que cobre as “lacunas” no conjunto dos números complexos. A sucessão é complexa  $(R, I)$  devido a ser limite comum de duas sucessões transfinitas convergentes.

Uma sucessão decrescente  $(P-I)_{n-1}$  e outra crescente  $(P-I)_{n+1}$  determinam um limite comum e preenchimento das lacunas pelo  $(P-I) \rightarrow (R, I)$ , dado que  $R$  é um número real e o número imaginário corresponde ao tempo:  $I$ . Segundo a dicotomia, registrar-se-ia uma série infinita de passagens.

A divisibilidade dos  $(P-I)_n$  só satisfaz a condição da densidade. O contínuo do acontecimento físico-matemático é constituído por infinitésimos espaço-temporais em potência.

A série cinemática do acontecimento é convergente. Mas, o acontecimento, em repouso, é descontínuo ou denso.<sup>6</sup>

Assim, segundo a densidade, dados dois elementos  $(r)$  e  $(s)$ , arbitrariamente vizinhos, existem entre eles um número infinito de características da mesma natureza. Mas, verificando-se tal propriedade, na linha cinemática, só provaria a divisibilidade até ao infinito do espaço e do tempo.

#### 4 – TRANSFORMAÇÕES DE LORENTZ: DOMÍNIO EPISTEMOLÓGICO

A verificação experimental dos resultados das transformações de Lorentz serve como confirmação teórica dos princípios da teoria da Relatividade Especial. A

estrutura e forma das leis da física mantêm a sua universalidade sempre que se justifiquem as transformações de Lorentz. A universalidade das leis condiciona-se pelas transformações de Lorentz. Com efeito, estas ontologicamente são *conditio sine qua non* para as leis da física. Sem as transformações de Lorentz, as leis da física seriam contingentes e particulares.

As transformações de Lorentz são juízos sintéticos *a posteriori* fundamentados, uma vez que são enunciados progressivos que determinam a forma como se encontram as leis na natureza física.

Ontologicamente, as transformações de Lorentz, além de se fundamentarem nas categorias da necessidade e da relação, exprimem-se na quantidade e na qualidade. Mas, a grande inferência ontológica reside na “necessidade” e na universalidade dos sistemas inerciais. As transformações de Lorentz são funções dos princípios da homogeneidade e da isotropia do espaço-tempo.

A tradução da descrição de  $O$  para  $O'$  chama-se transformação de coordenadas do observador fixo em  $O$  para um observador  $O'$  em movimento. Poderemos apresentar estas como uma espécie de “dicionário matemático”, que está apto para comparar  $O$  com  $O'$ .

Dá-se, assim, uma orientação global à forma como podemos fazer para chamar às leis da natureza descrições de acontecimentos físicos em observadores inerciais diferentes e chegaremos a determinar a natureza das transformações de um referencial fixo num em movimento.

Uma transformação de coordenadas, tal como um dicionário, refere a mudança de significado das coordenadas nas leis da física.

<sup>6</sup> Cf. *Ibidem*, 84-85.



A fim de se encontrar este dicionário, seguiremos três regras:

- O dicionário da invariância está conforme a lógica, sendo consistente;
- Estará conforme as leis da álgebra e da geometria;
- Não contradiz leis conhecidas sobre o espaço e o tempo.

As transformações de coordenadas de Lorentz são o dicionário lógico da covariância e da invariância das leis da física, emprestando nova semântica a estas. Poderemos ter um dicionário da covariância, onde todas as leis da natureza sejam imutáveis, transformando estas, em linguagem matemática, para outro sistema inercial de referência.

Os físicos, entre Newton e Einstein, aceitaram as leis físicas, como correctas, dizendo que não haveria razão para rejeitar as transformações de Galileu, considerando o espaço e o tempo absolutos.

Com efeito, se nos limitarmos às leis que governam o movimento dos corpos, então teremos todas as razões para aceitar os conceitos de Newton do espaço e do tempo absolutos, conduzindo-nos às transformações de Galileu, que nos orientam para as leis do movimento.

O princípio da “invariância” tornou-se instrumento necessário nas mãos dos físicos, porque impõem condições às leis. O princípio da invariância permite um juízo modal sobre a forma como se transformam as leis da física.

As transformações, que Einstein derivou independentemente segundo um ponto de vista mais geral e universal, foram introduzidas por Lorentz e consideram-se

como universais e aplicáveis a todos os fenómenos, sendo caminho para tratar o espaço e o tempo no âmbito dos fenómenos electrodinâmicos.

Lorentz considerou correctas as transformações galilaicas para acontecimentos mecânicos, governados pelo espaço e pelo tempo absolutos. Porém, para os demais domínios da física, onde se regista a constante da velocidade da luz, será necessário novo grupo de transformação de coordenadas para dar explicação aos fenómenos da natureza.

As transformações de Lorentz, no domínio da relatividade, são um *proprium* que orientam todo o esquematismo matemático, possibilitando uma nova visão da covariância das leis da física e consequente leitura epistemológica.

## CONCLUSÃO

Einstein, no prelúdio ao artigo de 1905, que marca o início de uma das teorias mais fluorescentes de toda a física, e de que celebramos o centenário da sua elaboração, definiu as linhas orientadoras sobre a electrodinâmica dos corpos em movimento. E fê-lo demarcando as “assimetrias” que se inferem relativamente a corpos em movimento, impostas pela electrodinâmica. Ao determinar este ideário, caminha-se na certeza e objectividade onde o seu modelo será a síntese entre dois pontos da natureza física, colocando-se dialecticamente entre a tese (a Mecânica Clássica) e a antítese dos fenómenos electrodinâmicos.

Einstein elevou à categoria de postulado uma suposição que se chamou de princípio da relatividade e introduziu um postulado aparentemente incompatível, segundo o qual a luz, no espaço vazio, se propaga com

velocidade determinada e independente do estado do movimento e da fonte luminosa. Estes dois postulados foram suficientes para chegar a uma electrodinâmica dos corpos em movimento livre de contradições. A introdução de um éter luminífero revelar-se-á supérfluo devido ao resultado negativo da experiência de Michelson-Morley. Não obstante, a ideia de invariância, centro da teoria da Relatividade, já pairava no espírito de Leibniz e de Galileu. Mas, foi o génio de Einstein que explicitou tal princípio e o elevou à categoria de postulado (com o nome de princípio da relatividade).<sup>7</sup>

O modelo da Relatividade restrita, como nova forma de escrever as leis da física, inscreve-se na simplicidade da geometria pseudo-euclidiana, como se justifica pelo cronótopo de Minkowsky.<sup>8</sup> Einstein encontrava-se num dilema gnoseológico, porque as leis da Mecânica, onde radicava a teoria mecanicista do Universo, na passagem de um sistema em repouso para outro animado de translação uniforme em relação ao primeiro, exigiam não só uma transformação de coordenadas, como também nova síntese do espaço e do tempo, uma vez que a física clássica conhecia um só tempo.

A ideia dos físicos do século XIX, concebendo um suporte de propagação das ondas electromagnéticas (o éter), tal como Platão e Aristóteles, radicava num meio omnipresente. Este foi desvanecido pelos resultados negativos da experiência de Michelson-Morley, dando possibilidades a processar-se uma generalização no grupo de transformação de coordenadas de Galileu.

<sup>7</sup> Cf. Dive, P., *Les Interprétations Physiques de la Théorie d'Einstein*, Dunod, Paris, 1985, 45-46.

<sup>8</sup> Cf. *Ibidem*, 50-60.

As relações de transformação, que permitem, segundo medidas estabelecidas no referencial S, determinar resultados relativos ao mesmo acontecimento e feitas por um observador relativos ao mesmo acontecimento e feitas por um observador no referencial S', obedecem ao clássico grupo de transformação de coordenadas de Galileu. Estas transformações são tais que, dados os princípios da Mecânica de Newton, não há experiência que permita afirmar qual será o sistema que está em movimento.<sup>9</sup>

Einstein englobou, numa única teoria, a Mecânica de Newton, a Óptica e a Electrodinâmica de Maxwell. Assim, teve o mérito de apresentar a primeira teoria unificadora, como que antevendo o que, neste momento, se passa ao tentar-se uma teoria geral de unificação da Física entre Relatividade e Mecânica Quântica.

<sup>9</sup> Cf. Born, M., *Die Relativitätstheorie des Einsteins*, Springer-Verlag, Berlin, 1969, 206-208.